



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003031895 A**(43) Date of publication of application: **31.01.03**

(51) Int. Cl.

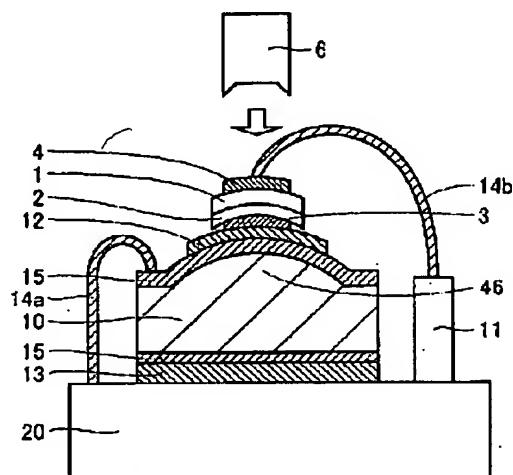
**H01S 5/042**  
**H01L 33/00**
(21) Application number: **2001213359**(22) Date of filing: **13.07.01**(71) Applicant: **SHARP CORP**
(72) Inventor: **MORISHITA YUKIKO**  
**ISHIDA SHINYA**  
**KAMIKAWA TAKESHI**
**(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**  
**AND ITS MANUFACTURING METHOD**

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor light emitting device which has a sufficient lifetime and high reliability and which can reduce the defect ratio and to provide a method for manufacturing the same.

**SOLUTION:** The semiconductor light emitting device comprises a mounting member 10, and semiconductor light emitting element chips 1 to 4 installed on the member 10 and including nitride compound semiconductors in such a manner that main surfaces of the chips 1 to 4 each has a curved surface. Thus, shapes of the chips 1 to 4 installed on the member 10 are adapted that the main surfaces of the chips 1 to 4 each consciously has a curved surface (in a warped state) and hence the lifetime of the emitting device can be prolonged. Thus, the shapes of the chips 1 to 4 after mounting are managed, and thereby the defective ratio of the emitting device can be reduced, and reliability of the device can be improved.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-31895  
(P2003-31895A)

(43)公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テ-マ-ト* (参考)     |
|--------------------------|-------|---------------|-----------------|
| H 0 1 S 5/042            | 6 1 2 | H 0 1 S 5/042 | 6 1 2 5 F 0 4 1 |
| H 0 1 L 33/00            |       | H 0 1 L 33/00 | C 5 F 0 7 3     |

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願2001-213359(P2001-213359)

(22)出願日 平成13年7月13日(2001.7.13)

(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72)発明者 森下 由紀子  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 石田 真也  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(74)代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎

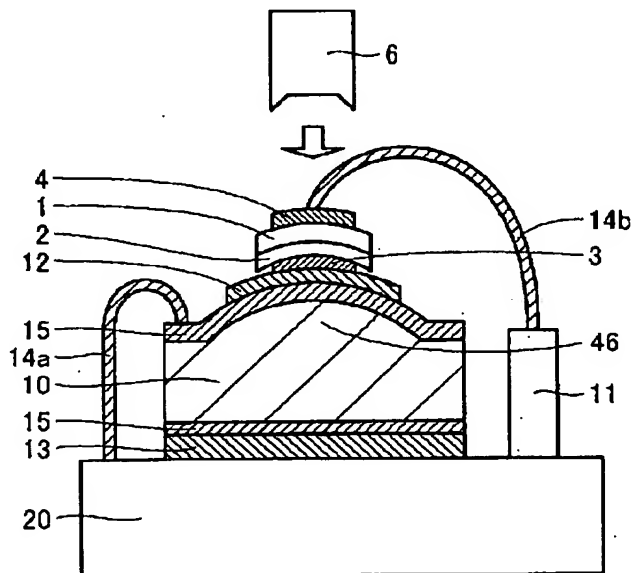
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光装置およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 十分な寿命を有し、不良品率を低減することが可能な、信頼性の高い半導体発光装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体発光装置は、マウント部材10と、マウント部材10上に設置され、窒化物系化合物半導体を含む半導体発光素子チップ1～4とを備え、半導体発光素子チップ1～4の主表面は曲面を有する。このように、マウント部材10上に設置した半導体発光素子チップ1～4の形状について、意識的に半導体発光素子チップ1～4の主表面が曲面を有するようにする（反った状態にする）ことにより、半導体発光装置の寿命を延長することが可能になる。また、このようにマウント後の半導体発光素子チップ1～4の形状を管理することにより、半導体発光装置の不良品率を低減できると共に、半導体発光装置の信頼性を向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マウント部材と、  
前記マウント部材上に設置され、窒化物系化合物半導体を含む半導体発光素子チップとを備え、  
前記半導体発光素子チップの主表面は曲面を有する、半導体発光装置。

【請求項 2】 前記半導体発光素子チップは、  
基板と、  
前記基板上に形成され、前記窒化物系化合物半導体を有する機能層とを含み、  
前記半導体発光素子チップの主表面は、前記機能層から見て前記基板側が凸形状となるような曲面を有する、請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 前記曲面の曲率半径は、前記半導体発光素子チップの幅の 0.2 倍以上 5 倍以下である、請求項 1 または 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 表面が凸形状となった凸形状部分を含むマウント部材と、  
前記マウント部材の凸形状部分上に設置された半導体発光素子チップとを備える半導体発光装置。

【請求項 5】 前記半導体発光素子チップの主表面は、前記マウント部材の凸形状部分の表面形状に沿うような曲面を有する、請求項 4 に記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 表面が凹形状となった凹形状部分を含むマウント部材と、  
前記マウント部材の凹形状部分上に設置された半導体発光素子チップとを備える半導体発光装置。

【請求項 7】 前記半導体発光素子チップの主表面は、前記マウント部材の凹形状部分の表面形状に沿うような曲面を有する、請求項 6 に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 表面に複数の突起部が形成されたチップ搭載部を含むマウント部材と、  
前記マウント部材のチップ搭載部上に設置された半導体発光素子チップとを備える半導体発光装置。

【請求項 9】 前記半導体発光素子チップの主表面は、前記マウント部材のチップ搭載部上において前記マウント部材側に凸となるような曲面を有する、請求項 8 に記載の半導体発光装置。

【請求項 10】 マウント部材を準備する工程と、  
前記マウント部材上に、半導体発光素子チップを設置する設置工程とを備え、  
前記半導体発光素子チップの主表面は曲面を有する、半導体発光装置の製造方法。

【請求項 11】 前記半導体発光素子チップは、  
基板と、  
前記基板上に形成され、発光機能を有する半導体機能層とを含み、  
前記マウント部材を準備する工程は、表面が凸形状となった凸形状部分を含むマウント部材を準備する工程を含み、

前記設置工程は、前記半導体発光素子チップの前記半導体機能層が前記凸形状部分と対向するとともに、前記半導体発光素子チップの主表面が前記マウント部材の凸形状部分の表面に沿うような曲面を有する状態で前記半導体発光素子チップを設置することを含む、請求項 10 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 12】 前記設置工程は、表面が凹形状の押圧部を有する押圧部材を用いて、前記半導体発光素子チップを前記マウント部材の凸形状部分に押圧する押圧工程を含む、請求項 11 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 13】 前記押圧部材における凹形状の押圧部の表面は曲面を有し、  
前記押圧部材の曲面の曲率半径は、前記マウント部材上に設置されるべき前記半導体発光素子チップの主表面の曲面の曲率半径と実質的に等しい、請求項 12 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 14】 前記押圧部材の押圧部の幅は、前記半導体発光素子チップの幅より小さく、  
前記押圧工程は、前記押圧部材の押圧部により、前記マウント部材の凸形状部分上に配置された前記半導体発光素子チップを複数回押圧することを含む、請求項 12 または 13 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 15】 前記半導体発光素子チップは、  
基板と、  
前記基板上に形成され、発光機能を有する半導体機能層とを含み、  
前記マウント部材を準備する工程は、表面が凹形状となった凹形状部分を含むマウント部材を準備する工程を含み、

前記設置工程は、前記半導体発光素子チップの基板が前記凹形状部分と対向するとともに、前記半導体発光素子チップの主表面が前記マウント部材の凹形状部分の表面に沿うような曲面を有する状態で前記半導体発光素子チップを設置することを含む、請求項 10 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 16】 前記設置工程は、表面が凸形状の押圧部を有する押圧部材を用いて、前記半導体発光素子チップを前記マウント部材の凹形状部分に押圧する押圧工程を含む、請求項 15 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 17】 前記押圧部材における凸形状の押圧部の表面は曲面を有し、  
前記押圧部材の曲面の曲率半径は、前記マウント部材上に設置されるべき前記半導体発光素子チップの主表面の曲面の曲率半径と実質的に等しい、請求項 16 に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 18】 前記押圧部材の押圧部には溝が形成されている、請求項 12、13、16 および 17 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 19】 前記押圧部材の押圧部の幅は、前記半導体発光素子チップの幅より小さく、前記押圧工程は、前記押圧部材の押圧部により、前記マウント部材の凹形状部分上に配置された前記半導体発光素子チップを複数回押圧することを含む、請求項 16 または 17 に記載の半導体発光装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体発光装置およびその製造方法に関し、より特定的には、寿命の延長を図る事が可能な半導体発光装置およびその製造方法に関する。なお、本明細書では、半導体レーザチップや LED チップなどのような半導体発光素子チップをマウント部材に積載して一体化したものを半導体発光装置という。

#### 【0002】

【従来の技術】 GaN 系半導体は、紫外ないし緑色領域における半導体発光素子チップ（半導体レーザチップ）を実現する材料として注目されている。特に、この GaN 系半導体を用いて、従来よりも短波長領域で発振する半導体レーザ装置を実用化することが望まれている。

【0003】 上述の GaN 系半導体を用いて半導体レーザチップを作成する場合、半導体レーザチップの基板として絶縁体であるサファイアを用いていた。しかし、最近では、GaN 基板上に n 型半導体層、活性層、p 型半導体層、電極などを順次形成した半導体レーザチップも検討されている。このような半導体レーザチップは、鉄 (Fe) または銅 (Cu) 製のステムと呼ばれる保持体に固着された状態で、半導体レーザ装置（半導体発光装置）として用いられる。

【0004】 上述のような半導体レーザ装置を実用化するに際して、その信頼性を向上させることが求められている。半導体レーザ装置の信頼性を向上させる技術の一つの例として、半導体レーザチップとステムとの間に、熱伝導率の大きな素材からなるサブマウントを介在させる技術が知られている。このような技術では、半導体レーザチップにおいて発熱量の多い半導体層側をサブマウントと対向させた状態でダイボンディングを行なう、いわゆるジャンクションダウンという構造が知られている（一方、半導体レーザチップの基板側をサブマウントと対向させた状態でダイボンディングを行なう構造は、ジャンクションアップと呼ばれる）。このようなジャンクションダウン構造では、半導体レーザ装置を動作させる際に、半導体レーザチップで発生する熱を効率良くステムなどの保持体に放散させる（放熱特性を向上させる）ことにより、半導体レーザチップの発光部の温度上昇およびこの温度上昇に伴う半導体レーザチップの特性の劣化を抑制することができる。このようなジャンクションダウン構造を有する半導体レーザ装置の例としては、たとえば特開 2000-58965 公報に開示されている

ものが挙げられる。

【0005】 図 20 および 21 は、従来の半導体レーザ装置を示す断面模式図である。図 20 および 21 に示した従来の半導体レーザ装置は、片面電極構造の半導体レーザチップをジャンクションダウンでサブマウントにダイボンディングさせたものである。図 20 を参照して、従来の半導体レーザ装置では、半導体レーザチップ 117 が保持体（サブマウント）140 上に搭載されている。保持体 140 の表面には、半導体レーザチップ 117 の正負それぞれの電極に対応するように金属膜パターン 141、142 が形成されている。金属膜パターン 141、142 上に、ハンダなどの導電性接合材 143 により半導体レーザチップ 117 が固定されている。半導体レーザチップ 117 は、基板 131 と、この基板 131 の表面上に形成された半導体層 132、133、134 とを備える。半導体レーザチップ 117 と保持体 140 との間の空間を充填するように、充填材 144 が配置されている。図 20 に示した半導体レーザ装置では、ジャンクションダウンのダイボンディングが実現されている。

【0006】 なお、ダイボンディングとは、一般的には以下のような工程である。すなわち、通常、保持体表面にあらかじめハンダを設けておく。そして、半導体レーザチップをハンダ上の所定の位置に配置してから、保持体をハンダの融点より高い温度に加熱する。この状態で、この半導体レーザチップを押圧部材であるコレットにより保持体へ押圧する。この結果、ハンダと半導体レーザチップおよび保持体表面とがなじむ。その後、ハンダを冷却固化させる。このようにして、半導体レーザチップと保持体とが熱伝導性よく接着される。

【0007】 また、図 21 を参照して、従来の半導体レーザチップの他の例は、GaN などからなる導電性の基板 151 と、基板 151 の一方表面上に積層して形成されている半導体層 152～154、半導体層 154 上に形成された絶縁膜 157、絶縁膜上に形成された電極 158、基板 151 の裏面側に形成された電極 156 とを備える。図 21 に示した従来の半導体レーザチップは、導電性の基板 151 を用いた両面電極構造の半導体レーザチップである。上記特開 2000-58965 公報は、図 21 に示した半導体レーザチップについて、図 20 に示した半導体レーザ装置と同様に、ジャンクションダウンのダイボンディングを実施することが可能であることを示唆している。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の半導体レーザ装置には、以下に述べるような問題があった。すなわち、基板上に形成された半導体層の材質や、保持体にマウントする前での電気的特性が近似する半導体レーザチップを準備した後、これらの半導体レーザチップをそれぞれサブマウントやステムなどにマウン

トして半導体レーザ装置を作成すると、半導体レーザ装置の寿命が極めて短いものが多数できてしまうのである。

【0009】ここで、半導体レーザ装置の不良品率は、例えば以下のように定義する。まず、雰囲気温度を20℃、出力を5mWとした条件下でエージング試験を行なった場合に、半導体レーザ装置の出力5mWでの駆動電流の値が150mA以上になった時点での積算時間を、その半導体レーザ装置の寿命と定義する。そして、半導体レーザ装置の複数のサンプルのうち、上記寿命が5000時間に満たないものの割合を不良品率と定義する。このように定義される不良品率で考えると、従来の半導体レーザ装置では、上述のように部品としての半導体レーザチップについて電気的特性をある程度揃えていても、不良品率が20%以上と極めて大きな値になる場合があった。このように不良品率が大きくなると、半導体レーザ装置（半導体発光装置）の製造コストが上昇することになっていた。

【0010】本発明は、上記のような課題を解決するために成されたものであり、この発明の目的は、充分な寿命を有し、不良品率を低減することが可能な、信頼性の高い半導体発光装置およびその製造方法を提供することである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】発明者は、半導体発光装置について以下のように試験・研究を行なった結果、本発明を完成するに至った。すなわち、発明者は、半導体発光装置を構成する半導体レーザチップがステムやサブマウントにマウントされる前、半導体膜の構成やマウント前の電気的特性が類似する半導体レーザチップであっても、さまざまな形状に反った状態（主表面が曲面を有する状態）になっているものや、反りのほとんどないものなど、様々な形状を有するものが存在することに気づいた。これは、半導体レーザチップを形成する工程において、半導体レーザチップを構成する基板の裏面側を研磨したときの条件や、基板上に形成された半導体膜のパターニング条件などの影響によると考えられる。

【0012】従来の半導体発光装置では、これらの半導体レーザチップを、サブマウントやステムの平坦な表面上にマウントしていた。そして、サブマウントやステム上にマウント後の半導体レーザチップの形状については、従来特に考慮されていなかった。

【0013】そこで、発明者は、サブマウントやステム上にマウントした後の半導体レーザチップの形状が、

(1) 半導体レーザチップの基板側が凸となるように反った（主表面が曲面を有する）状態である半導体レーザ装置の試料、(2) ほぼ平坦な状態である半導体レーザ装置の試料、(3) 半導体レーザチップの半導体膜側が凸となるように反った（上記(1)の試料と逆方向に反った）状態の試料、という3種類の試料を準備し、それ

ぞれの試料について寿命を評価した。この結果、上記

(1)の試料の寿命が最も長く、逆に、上記(3)の試料の寿命が最も短くなるという傾向が見られた。

【0014】このことから、サブマウントやステム上にマウントした後の半導体レーザチップの形状を意識的に反った状態にする、特に半導体レーザチップの基板側が凸となるように意識的に反りを持たせるようにする（半導体レーザチップの主表面が、基板側に凸となるような曲面を有するように半導体レーザチップをサブマウントなどにマウントする）ことによって、半導体発光装置の短寿命化を防止できると共に、不良品率を低減できると考えた。また、発明者が検討した結果、半導体レーザチップの基板側が凸となるように反った状態にできれば、半導体レーザチップをサブマウントやステムなどにジャンクションダウンおよびジャンクションアップのいずれの構造でマウントしても、半導体発光装置の短寿命化を防止できる事がわかった。

【0015】発明者の上記のような知見に基づいて、この発明の1の局面における半導体発光装置は、マウント部材と、マウント部材上に設置され、窒化物系化合物半導体を含む半導体発光素子チップとを備え、半導体発光素子チップの主表面は曲面を有する。

【0016】このように、マウント部材上に設置した半導体発光素子チップの形状について、意識的に半導体発光素子チップの主表面が曲面を有するようにする（反った状態にする）ことにより、半導体発光装置の寿命を延長することが可能になる。

【0017】また、このようにマウント後の半導体発光素子チップの形状を管理することにより、半導体発光装置の不良品率を低減できると共に、半導体発光装置の信頼性を向上させることができる。

【0018】なお、半導体発光素子チップにおいて、機能層表面にリッジ部などが形成されている場合、上記曲面はリッジ部に対してどのように配置されていてもよい。また、上記曲面を形成するため半導体発光素子チップ自体が反っている場合、この反りの方向はリッジ部の延在する方向に対して実質的に垂直方向であってもよいが、リッジ部の延在する方向に対して傾斜した方向や、その他どのような方向であってもよい。

【0019】ただし、リッジ部の延在する方向と同じ方向において半導体発光素子チップを反らせた場合、導波路が曲がることにより光損失の増加などの影響が出る可能性がある。このため、リッジ部の延在する方向と同じ方向においては半導体発光素子チップの反りを小さくする一方、リッジ部の延在する方向と実質的に垂直な方向における半導体発光素子チップの反りを大きくする（リッジ部に垂直な方向に反りを与える）ことが好ましい。

【0020】また、この場合、リッジ部に垂直な方向に反りを与える方が、半導体発光素子チップにおいて光の出射方向がほぼ直線状になる。したがって、本発明によ

る半導体発光装置を構成する部材として既存のマウント部材を流用できる。このため、半導体発光装置の設計に要するコストを低減できる。また、新しい構造のマウント部材を準備しなくても、本発明による半導体発光装置を実現可能であるので、半導体発光装置の製造コストが上昇することを抑制できる。

【0021】また、本明細書においてマウント部材とは、半導体発光素子チップを直接積載するための部品を意味している。たとえば、半導体発光素子チップ用のサブマウントはマウント部材に含まれる。また、上記サブマウントを用いずに、半導体発光素子チップを直接保持体（ステム、フレームあるいはパッケージなど）に積載する場合、この保持体はマウント部材に含まれる。

【0022】マウント部材を構成する材料としては、一般的に知られている放熱材料を用いることができる。たとえば、マウント部材を構成する材料として、銀（Ag）、銅（Cu）、CuW、BeO、鉄（Fe）、アルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、シリコン（Si）、窒化アルミニウム（AlN）、炭化ケイ素（SiC）、窒化硼素（cBN）、CuMo、ダイヤモンドなどを用いることができる。

【0023】また、マウント部材上に半導体発光素子チップを配置する場合、マウント部材と半導体発光素子チップとの接合にはハンダを用いることができる。ハンダの材料としては、インジウム（In）、InPb、InSn、InAg、InAgPbなどのInを含む合金、あるいは、スズ（Sn）、SnPb、SnSb、SnAg、SnAgPb、SnAgCu、SnPbSbなどのSnを含む合金、あるいは、Ag、金（Au）、Cuなどの粉末を混入したエポキシ樹脂やポリイミド樹脂などが挙げられる。これらの材料の融点はおおむね100℃～235℃程度である。また、より融点の高いハンダの材料の例としては、AuSi、AuSn、AuGa、AuGe、AuSb、AuNi、AuIn、AuAgSnなどのAuを含む合金などが挙げられる。これらの材料の融点は280℃程度、あるいはそれ以上である。

【0024】上記1の局面における半導体発光装置では、半導体発光素子チップが、基板と、基板上に形成され、窒化物系化合物半導体を有する機能層とを含んでもよい。半導体発光素子チップの主表面は、機能層から見て基板側が凸形状となるような曲面を有することが好ましい。

【0025】この場合、半導体発光装置を効果的に長寿命化できるとともに、不良品率を低減できる。

【0026】上記1の局面における半導体発光装置では、曲面の曲率半径が半導体発光素子チップの幅の0.2倍以上10倍以下であることが好ましい。また、曲面の曲率半径は半導体発光素子チップの幅の0.2倍以上5倍以下であることがより好ましい。

【0027】この場合、半導体発光装置の寿命を確実に

延長することができる。ここで、半導体発光素子チップの主表面における曲面の曲率が、半導体発光素子チップの幅の0.2倍より小さくなると、半導体発光素子チップが折れたり、その基板から半導体膜がはがれたりする不良の発生確率が大きくなり、かえって半導体発光装置の不良品率が増加することになる。

【0028】また、半導体発光素子チップの主表面における曲面の曲率が、半導体発光素子チップの幅の10倍以下である場合、半導体発光素子チップが反っていない場合（その主表面に曲面が形成されていない場合）より不良品率を小さくすることができる。さらに、上記曲面の曲率が、半導体発光素子チップの幅の5倍以下である場合、不良品率を10%以下という低い値にすることができる。

【0029】この発明の別の局面における半導体発光装置は、表面が凸形状となった凸形状部分を含むマウント部材と、マウント部材の凸形状部分上に設置された半導体発光素子チップとを備える。

【0030】この場合、マウント部材の凸形状部分上に、この凸形状に沿うように半導体発光素子チップを配置することで、半導体発光素子チップの主表面に曲面が形成された状態（半導体発光素子チップが反った状態）を容易に実現できる。

【0031】上記別の局面における半導体発光装置では、半導体発光素子チップの主表面がマウント部材の凸形状部分の表面形状に沿うような曲面を有していてもよい。

【0032】この場合、マウント部材の凸形状部分の外形を変更することにより、半導体発光素子チップの曲面の形状を上記凸形状部分の外形に合わせて変更できる。このため、半導体発光素子チップの曲面の曲率半径などを任意に変更できる。

【0033】この発明の他の局面における半導体発光装置は、表面が凹形状となった凹形状部分を含むマウント部材と、マウント部材の凹形状部分上に設置された半導体発光素子チップとを備える。

【0034】この場合、マウント部材の凹形状部分上に、この凹形状に沿うように半導体発光素子チップを配置することで、半導体発光素子チップの主表面に曲面が形成された状態（半導体発光素子チップが反った状態）を容易に実現できる。

【0035】上記他の局面における半導体発光装置では、半導体発光素子チップの主表面がマウント部材の凹形状部分の表面形状に沿うような曲面を有していてもよい。

【0036】この場合、マウント部材の凹形状部分の外形を変更することにより、半導体発光素子チップの曲面の形状を上記凹形状部分の外形に合わせて変更できる。このため、半導体発光素子チップの曲面の曲率半径などを任意に変更できる。

【0037】この発明のもう一つの局面における半導体発光装置は、表面に複数の突起部が形成されたチップ搭載部を含むマウント部材と、マウント部材のチップ搭載部上に設置された半導体発光素子チップとを備える。

【0038】この場合、マウント部材のチップ搭載部上に、チップ搭載部の複数の突起部に支えられるように半導体発光素子チップを配置することで、半導体発光素子チップの主表面に曲面が形成された状態（半導体発光素子チップが反った状態）を維持したまま半導体発光素子チップをマウント部材に搭載できる。

【0039】上記もう一つの局面における半導体発光装置では、半導体発光素子チップの主表面がマウント部材のチップ搭載部上においてマウント部材側に凸となるような曲面を有していてもよい。

【0040】この場合、半導体発光素子チップにおいてマウント部材に最も近くに位置する曲面の部分（凸状部分）を、マウント部材に形成された複数の突起部の間に位置させれば、半導体発光素子チップにおいて上記凸状部分を囲む領域をマウント部材の複数の突起部で支えることができる。したがって、半導体発光素子チップの主表面が曲面を有する状態（反った状態）を確実に維持できる。

【0041】この発明のさらに別の局面における半導体発光装置の製造方法は、マウント部材を準備する工程と、マウント部材上に、半導体発光素子チップを設置する設置工程とを備え、半導体発光素子チップの主表面は曲面を有する。

【0042】このようにすれば、本発明の1の局面における半導体発光装置を容易に製造できる。

【0043】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、半導体発光素子チップが基板と、基板上に形成され、発光機能を有する半導体機能層とを含んでいてもよい。マウント部材を準備する工程は、表面が凸形状となった凸形状部分を含むマウント部材を準備する工程を含んでいてもよい。設置工程は、半導体発光素子チップの半導体機能層が凸形状部分と対向するとともに、半導体発光素子チップの主表面がマウント部材の凸形状部分の表面に沿うような曲面を有する状態で半導体発光素子チップを設置することを含んでいてもよい。

【0044】この場合、半導体発光素子チップはマウント部材の凸形状部分にいわゆるジャンクションダウンで搭載された状態になっている。また、このように凸形状部分上に、ジャンクションダウンで半導体発光素子チップを搭載することにより、半導体発光素子チップを基板側が凸となるように反らせることができる（基板側が凸となるような曲面を形成することができる）。この結果、長寿命化を図ることが可能な半導体発光装置を容易に得ることができる。

【0045】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、設置工程が、表面が凹形状の押圧部

を有する押圧部材を用いて、半導体発光素子チップをマウント部材の凸形状部分に押圧する押圧工程を含んでいてもよい。

【0046】この場合、半導体発光素子チップの曲面の形状を、マウント部材の凸形状部分の外形に確実に沿わせることができる。このため、マウント部材の凸形状部分の外形を変更することで、半導体発光素子チップの曲面の形状を任意に変更できる。

【0047】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、押圧部材における凹形状の押圧部の表面は曲面を有していてもよく、押圧部材の曲面の曲率半径は、マウント部材上に設置されるべき半導体発光素子チップの主表面の曲面の曲率半径と実質的に等しくてもよい。

【0048】この場合、押圧部材で半導体発光素子チップを押圧することで、半導体発光素子チップの曲面を目的の形状へと容易に成形できる。

【0049】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、押圧部材の押圧部の幅が半導体発光素子チップの幅より小さくてもよく、押圧工程は、押圧部材の押圧部により、マウント部材の凸形状部分上に配置された半導体発光素子チップを複数回押圧することを含んでいてもよい。

【0050】この場合、押圧工程において、半導体発光素子チップのリッジ部など、応力を加えたくない領域を避けるように、押圧部材を半導体発光素子チップに押圧することができる。したがって、押圧工程において半導体発光素子チップの特性が劣化することを防止できる。

【0051】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、半導体発光素子チップが、基板と、基板上に形成され、発光機能を有する半導体機能層とを含んでいてもよく、マウント部材を準備する工程は、表面が凹形状となった凹形状部分を含むマウント部材を準備する工程を含んでいてもよく、設置工程は、半導体発光素子チップの基板が凹形状部分と対向するとともに、半導体発光素子チップの主表面がマウント部材の凹形状部分の表面に沿うような曲面を有する状態で半導体発光素子チップを設置することを含んでいてもよい。

【0052】この場合、半導体発光素子チップはマウント部材の凹形状部分にいわゆるジャンクションアップで搭載された状態になっている。また、このように凹形状部分上に、ジャンクションアップで半導体発光素子チップを搭載することにより、半導体発光素子チップを基板側が凸となるように反らせることができる（基板側が凸となるような曲面を形成することができる）。この結果、長寿命化を図ることが可能な半導体発光装置を容易に得ることができる。

【0053】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、設置工程が、表面が凸形状の押圧部を有する押圧部材を用いて、半導体発光素子チップをマ



ウント部材の凹形状部分に押圧する押圧工程を含んでもよい。

【0054】この場合、半導体発光素子チップの曲面の形状を、マウント部材の凹形状部分の外形に沿わせることができる。このため、マウント部材の凹形状部分の外形を変更することで、半導体発光素子チップの曲面の形状を任意に変更できる。

【0055】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、押圧部材における凸形状の押圧部の表面は曲面を有していてもよく、押圧部材の曲面の曲率半径は、マウント部材上に設置されるべき半導体発光素子チップの主表面の曲面の曲率半径と実質的に等しくてよい。

【0056】この場合、押圧部材で半導体発光素子チップを押圧することで、半導体発光素子チップの曲面を目的の形状へと容易に成形できる。

【0057】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、押圧部材の押圧部に溝が形成されていてもよい。

【0058】このとき、半導体発光素子チップの半導体機能層にリッジ部が形成されている場合、このリッジ部の位置に上記溝が重なるように押圧部材を配置して押圧工程を実施すれば、このリッジ部に押圧部材から不必要な応力が加えられることを防止できる。このため、半導体発光素子チップの特性が上記不必要な応力により劣化することを防止できる。

【0059】上記さらに別の局面における半導体発光装置の製造方法では、押圧部材の押圧部の幅は半導体発光素子チップの幅より小さくてもよく、押圧工程は、押圧部材の押圧部により、マウント部材の凹形状部分上に配置された半導体発光素子チップを複数回押圧することを含んでいてもよい。

【0060】この場合、押圧工程において、半導体発光素子チップのリッジ部など、応力を加えたくない領域を避けるように、押圧部材を凹形状部分上に配置された半導体発光素子チップに押圧することができる。したがって、押圧工程において半導体発光素子チップの特性が劣化することを防止できる。

#### 【0061】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付しその説明は繰返さない。

【0062】（実施の形態1）図1は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1を示す断面模式図である。図1を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1を説明する。

【0063】図1を参照して、半導体発光装置としての半導体レーザ装置は、Ga<sub>0.5</sub>N基板1と、このGa<sub>0.5</sub>N基板1上に形成された窒化物系半導体の積層体2（以下、積

層体ともいう）と、Ga<sub>0.5</sub>N基板1において、機能層あるいは半導体機能層としての積層体2が形成された面とは反対側の面上に形成されたn電極4と、窒化物系半導体の積層体2上に形成されたp電極3とを備える。このように、Ga<sub>0.5</sub>N基板1、窒化物系半導体の積層体2、p電極3およびn電極4は、本発明による半導体レーザ装置において用いられる半導体レーザチップを構成する基本要素である。この半導体発光素子チップとしての半導体レーザチップのより詳細な構造については後述する。

【0064】半導体レーザチップは、p電極3を下にして、その表面に金属多層膜15が形成されたサブマウント10の表面にハンダ12を用いて固定・積載されている。サブマウント10において、半導体レーザチップが搭載される側の面上および、この半導体レーザチップが搭載される面と反対側の面上には金属多層膜15が形成されている。この金属多層膜15はメタライズのために形成されている。そして、このサブマウント10は、ハンダ13を介してステム20の表面上に固定・積載されている。

【0065】サブマウント10において、半導体レーザチップが積載される面側に形成された金属多層膜15は、ステム20の表面と導電体からなるワイヤ14aにより電気的に接続されている。この結果、p電極3とステム20の表面とは、ハンダ12、金属多層膜15およびワイヤ14aを介して電気的に接続されている。

【0066】また、ステム20の表面上には、ピン11が形成されている。ピン11は、ステム20の表面上において周囲の他の構造とは絶縁されている。そして、このピン11とn電極4とは導電体からなるワイヤ14bにより電気的に接続されている。ピン11とステム20とのそれぞれが、互いに異なる外部接続端子に電気的に接続されることにより、半導体レーザチップのn電極4およびp電極3のそれぞれに外部から電流を供給することができる。

【0067】図2は、図1に示した半導体レーザ装置において用いられる半導体レーザチップの構造を説明するための断面模式図である。図2を参照して、Ga<sub>0.5</sub>N基板1上に形成された窒化物系半導体の積層体2は、Ga<sub>0.5</sub>N基板1側から順にGa<sub>0.5</sub>Nバッファ層21、n-Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層22、n-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層23、n-Ga<sub>0.5</sub>Nガイド層24、Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>N多重量子井戸活性層25、p-AlGa<sub>0.5</sub>N蒸発防止層26、p-Ga<sub>0.5</sub>Nガイド層27、p-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層28、およびp-Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層29が積層されることにより構成されている。

【0068】P-AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層28には、共振器方向に延在するストライプ状のリッジ部が設けられている。すなわち、図2に示した半導体レーザチップは、いわゆるリッジストライプ型構造を備える。このリッジ部の上にp-Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層29が配置されてい



る。p-AlGaInクラッド層28上には、リッジ部のp-GaNコンタクト層29が配置された領域以外の領域を覆うように絶縁膜5が形成されている。そして、p-GaNコンタクト層29上にはp電極3が配置されている。また、GaN基板1においてGaNバッファ層21が配置された面と反対側の面上にはn電極4が配置されている。

【0069】図1に示した半導体レーザ装置では、マウント部材としてのサブマウント10上に設置した半導体レーザチップの形状について、意識的に半導体発光レーザチップの主表面が曲面を有するように（反った状態）に形成されている。具体的には、半導体レーザチップの主表面が、窒化物系半導体の積層体2から見てGaN基板1側が凸形状となるような曲面を有する。半導体レーザチップの主表面における曲面は、サブマウント10の凸形状部46の表面形状に沿うような形状になっている。この曲面の曲率半径は半導体レーザチップの幅の0.2倍以上10倍以下であることが好ましい。また、上記曲面の曲率半径は半導体レーザチップの幅の0.2倍以上5倍以下であることがより好ましい。この結果、半導体レーザ装置の寿命を延長することが可能になる。

【0070】また、マウント後の半導体レーザチップの主表面が曲面を有するようにすることにより、半導体レーザ装置の不良品率を低減できると共に、半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができる。

【0071】なお、半導体レーザチップにおいて、上記曲面はリッジ部に対してどのように配置されていてもよい。また、上記曲面を形成するため半導体レーザチップ自体が図1に示すように反っている場合、この反りの方向はリッジ部の延在する方向に対して実質的に垂直方向であってもよいが、リッジ部の延在する方向に対して傾斜した方向や、その他どのような方向であってもよい。ただし、図1に示すように、リッジ部の延在する方向と同じ方向にしておては半導体レーザチップの反りを小さくする一方、リッジ部の延在する方向と実質的に垂直な方向における半導体レーザチップの反りを大きくする（リッジ部に垂直な方向に反りを与える）ことがより好ましい。

【0072】なお、図1に示した半導体レーザ装置においては、図2に示したような半導体レーザチップのみではなく、他の材料構成による半導体レーザチップを用いてもよい。たとえば、窒化物系半導体の積層体2において、窒化物系化合物半導体を用いてもよい。たとえば、p-AlGaInクラッド層28に代えて、p-AlGaInNを含む層を用いてもよく、GaInN多重量子井戸活性層25に代えて、GaInNAs、GaInNPなどの材料を含む層を用いてもよい。また、p-AlGaInクラッド層28が形成された領域に多重量子井戸活性層を形成してもよく、n-GaNコンタクト層22とn-AlGaInクラッド層23との間に、InGaInク

ラック防止層を挿入配置してもよい。

【0073】また、図1および2に示した半導体レーザ装置では、基板としてGaN基板1を用いているが、この基板の材料としてはGaN以外の材料を用いてもよい。たとえば、AlGaInN、SiC、Siといった材料を用いた導電性のある基板を用いることができる。このような基板を用いることにより、図2に示したような両面電極構造の半導体レーザチップを形成することができる。この場合も、図1および2に示した半導体レーザ装置と同様の効果を得ることができる。

【0074】次に、図1および2に示した半導体レーザ装置の製造方法を説明する。まず、GaN基板1の表面上に、通常の半導体素子の製造方法において用いられるプロセスを適宜適用することにより、図2に示すような半導体レーザ構造が多数形成された（多数の半導体膜が積層された）半導体レーザウェハを得る。このような半導体レーザウェハを製造する工程は通常の半導体装置の製造に用いられるプロセスを適宜適用することにより実施することができる周知技術であるため、その詳細な記載はここでは行わない。なお、p電極3は、p-GaNコンタクト層29側からパラジウム(Pd)/モリブデン(Mo)/金(Au)という3層からなる積層構造を備える。ここで、パラジウムの厚みは10nm、モリブデンの厚みは15nm、金の厚みは150nmとすることができる。また、窒化物系半導体の積層体2を形成する際のGaN基板1の厚みは350μmとすることができる。

【0075】窒化物系半導体の積層体2を上述のように形成した後、半導体レーザウェハの裏面（窒化物系半導体の積層体が形成された表面とは反対側の面）を研磨もしくはエッチングすることによりGaN基板1の表面層を除去する。このようにして、半導体レーザウェハの厚みを40~120μm程度まで薄くする。そして、GaN基板1の裏面上にn電極4を形成する。n電極4としては、GaN基板1側からチタン(Ti)/アルミニウム(Al)/モリブデン(Mo)/金(Au)という積層構造を有する導電体を用いることができる。また、ここでチタンの厚みは30nm、アルミニウムの厚みを150nm、モリブデンの厚みを30nmおよび金の厚みを150nmとすることができる。

【0076】その後、半導体レーザウェハを劈開することにより、共振器長を500μmとしてレーザ端面を形成した。そして、劈開により半導体レーザウェハを半導体レーザチップに分割した。なお、共振器長は500μmに限るものではなく、異なる長さに設定してもよい。また、レーザ端面を形成する方法としては劈開以外の方法を用いてもよく、たとえばエッチングによってレーザ端面を形成してもよい。また、半導体レーザチップへと半導体レーザウェハを分割する方法としては、ダイシング、レーザアブレーション法などを用いてもよい。

【0077】次に、上述の工程により得られた半導体レーザチップを保持体であるサブマウント10上にジャンクションダウンでマウントした。具体的には、まず、図3に示すような、表面に上に凸の曲面を有する凸形状部46（図1参照）が形成されたサブマウント10を準備する。サブマウント10は銅（Cu）からなる。図3は、図1および2に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。そして、サブマウント10において凸形状部46が存在する側の表面およびこの表面と反対側に位置する裏面上に金属多層膜15を形成する。この金属多層膜15としては、ニッケル（Ni）と金（Au）との2層膜を用いることができる。

【0078】そして、サブマウント10において、凸形状部46が形成された面側において金属多層膜15上にハンダ12を堆積した。ハンダ12としてはAuSnハンダを用いることができる。またハンダ12の厚は1μmとした。

【0079】次に、サブマウント10の凸形状部46上の領域にて、ハンダ12上に図2に示した半導体レーザチップを配置する。このとき、半導体レーザチップのp電極3がサブマウント10と対向するように配置する（p電極3を下に向けた状態でサブマウント10上に半導体レーザチップを配置する）。そして、サブマウント10をハンダ12の融点よりも若干高い温度まで加熱する。この結果、ハンダ12が溶融する。

【0080】ハンダ12が溶融した状態で、図1に示したような先端部の形状が凹形状のコレット6を図1の矢印に示すように半導体レーザチップに押圧する押圧工程を実施する。この結果、半導体レーザチップに適宜コレット6を用いて荷重を加えながら、半導体レーザチップとサブマウント10の金属多層膜15とをハンダ12に対してよくなじませる。このとき、サブマウント10の凸形状部46の表面形状に沿うように半導体レーザチップの形状（反りの程度）が決定される。このため、凸形状部46の表面形状を適宜変更することで、半導体レーザチップの形状を変更可能である。その後、サブマウント10を冷却することにより、ハンダ12を固化させる。この結果、サブマウント10と半導体レーザチップとを積層・固定することができる。

【0081】次に、図1に示したようなステム20を準備する。このステム20上にシート状のハンダ13を載置する。ハンダ13としては、SnAgCuハンダを用いることができる。そして、ステム20をハンダ13の融点よりも若干高い温度まで加熱する。この結果、ハンダ13が溶融する。この状態で、上記半導体レーザチップとサブマウント10との接合体を、サブマウント10がステム20と対向するように（サブマウント10を下向きにして）、ステム20上に配置する。そして、サブマウント10に適宜荷重を加えることにより、サブマウ

ント10とステム20とをハンダ13によくなじませる。その後、ステム20を冷却することにより、ハンダ13を固化させる。

【0082】この後、ステム20の表面にピン11を設置した上で、図1に示すようにワイヤ14a、14bを配置するなど、所定の工程を実施することにより、図1に示すような半導体レーザ装置を得ることができる。

【0083】なお、上述の半導体レーザチップとサブマウント10とを接合する工程において、サブマウント10側にハンダ12を予め配置していたが、逆に半導体レーザチップ側に予めハンダ12を配置するようにしてもよい。また、半導体レーザチップとサブマウント10との接合体とステム20とを接合する工程において、ステム20上にシート状ハンダを搭載していたが、サブマウント10側に予めハンダ13を配置しておいてもよい。

【0084】また、上述の半導体レーザ装置では、半導体レーザチップをジャンクションダウンでサブマウント10にダイボンディングしているため、ハンダ12の厚みが必要以上に厚いと半導体レーザチップのpn間のショートが発生しやすくなる。一方、ハンダ12の厚みが薄すぎると半導体レーザチップとサブマウント10とを十分な強度で接着することができなくなる。そのため、ハンダ12の厚みは0.5μm～5μmといった範囲にすることが好ましい。また、より好ましくは、半導体レーザチップでのpn間のショートをより確実に防止するため、ハンダ12の厚みを半導体レーザチップにおける窒化物系半導体の積層体2の厚みよりも薄くすることが好ましい。この場合、ハンダ12の厚みを0.5～2μmといった数値範囲とすることが好ましい。

【0085】また、コレット6の押圧部である先端部の凹部の形状としては、この凹部の形状をサブマウント10の凸形状部46における曲面の曲率に対応させた凹状の曲面とすることがより好ましい。この場合、図1に示したようにコレット6の押圧面が平面状である場合より、湾曲した半導体レーザチップをより安定してサブマウント10の曲面へ固定することができる。

【0086】また、コレット6の先端部の大きさは、半導体レーザチップの大きさとほぼ同じ大きさとしてもよい。この場合、コレット6によって半導体レーザチップを1回押えることにより、半導体レーザチップの全面に対して荷重を加えることができる。また、この場合、半導体レーザチップの全体に対して均一な力を加えることが可能になる。したがって、半導体レーザチップをサブマウント10へ接合する場合の作業効率を向上させることができるとともに、半導体レーザチップをサブマウント10へ固定する場合の信頼性を高めることができる。

【0087】また、コレット6の先端部の大きさが半導体レーザチップの大きさよりも小さい場合、半導体レーザチップをコレット6により複数回押圧することにより、半導体レーザチップをサブマウント10の凸形状部46

の表面上へと固定することができる。この場合、コレット6が接触する面は半導体レーザチップにおいてリッジ部が形成された面とは反対側であるが、このリッジ部に余分な応力を加えることを避けるため、このリッジ部上に位置する領域を避けてコレット6を半導体レーザチップに押圧することが可能になる。また、この場合、コレット6の押圧面において、リッジ部に対応する部分に溝を設けておけば、この溝がリッジ部上に位置する領域に配置されるように、コレット6を半導体レーザチップへと押圧できる。この結果、リッジ部に余分な応力が加わることを防止できる。

【0088】また、上述したサブマウント10の材料として銅(Cu)を用いたが、サブマウント10の材料としては銅以外の材料を用いてもよい。たとえば、サブマウント10の材料として、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)、銀(Ag)、アルミナ、GaAs、コパール、シリコン(Si)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、CuW合金、GaN、AlN、BeO、SiC、窒化ホウ素(BN)、CuMo合金、ダイヤモンドなどを用いてもよい。

【0089】また、上述したコレットの押圧部の表面(押圧面)の曲率は、サブマウント10の凸形状部46の表面の曲率または目的とする半導体レーザチップの最終形態における反りの曲率に適合させることが好ましい。

【0090】また、サブマウント10において半導体レーザチップを積層する面の形状としては、図1および3に示したような形状に限らず、半導体レーザチップを基板側に凸の方向に反らせた形状であればよい。共振器と垂直な方向に曲げた状態がより好ましい。

【0091】また、ステム20としては、銅または鉄を主体とする金属を基体として用い、この基体表面に金属膜がめっき形成されたものを用いることができる。このめっき形成される金属膜としては、ニッケル(Ni)膜と金(Au)膜との積層膜を用いることができる。

【0092】また、ハンダ13の材料としてSnAgCuハンダを用いたが、ハンダ13としては他の材料からなるハンダを用いてもよい。たとえば、In系、Sn系、Au系、Pb系といった種類のハンダを用いることができる。また、ハンダ13は、ハンダ12よりも融点が高いことが好ましい。このようにすれば、ステム20上にサブマウント10をマウントする際にハンダ12へ悪影響を及ぼすことを防止できる。また、ハンダ13を形成する方法としては、蒸着法、塗布法、スパッタ法、印刷法、あるいはめっき法などを用いてもよい。

【0093】また、ハンダ12の材料としてAuSnハンダを用いたが、ハンダ12の材料としては他の材料を用いてもよい。たとえば、ハンダ12としてIn系、Sn系、Au系、あるいはPb系のハンダなどを用いることができる。また、ハンダ12の形成方法として、蒸着

法を用いることができるが、蒸着法以外の方法、たとえば塗布法、スパッタ法、印刷法、めっき法などを用いてもよく、あるいはシート状のハンダ12をサブマウント10上に配置するといった手法を用いてもよい。

【0094】また、サブマウント10の表面に形成した金属多層膜15としては、上述のニッケルと金との積層膜以外の金属多層膜を用いてもよい。たとえば、金属多層膜15として、チタン(Ti)/ニッケル(Ni)/金(Au)からなる3層膜、チタン(Ti)/白金(Pt)/金(Au)からなる3層膜、モリブデン(Mo)/金(Au)からなる2層膜、モリブデン(Mo)/ニッケル(Ni)/金(Au)からなる3層膜、モリブデン(Mo)/白金(Pt)/金(Au)からなる3層膜などの多層膜を用いてもよい。この金属多層膜15を構成する材料は、サブマウント10を構成する材料とハンダ12、13との接着性が良好な他の常識的な材料に変更してもよい。また、サブマウントの表裏面で、膜厚や膜の構成が異なってもよい。

【0095】また、上述のp電極3としてパラジウム(Pd)/モリブデン(Mo)/金(Au)の多層膜を用いたが、このパラジウムに代えて(パラジウム以外に)、コバルト(Co)、銅(Cu)、銀(Ag)、イリジウム(Ir)、スカンジウム(Sc)、金(Au)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、ランタン(La)、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、タリウム(Tl)、イットリウム(Y)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、サマリウム(Sm)、ユーロピウム(Eu)、テルビウム(Tb)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、およびこれらの化合物を用いてもよい。また、上述のパラジウム/モリブデン/金からなる多層膜において、モリブデンに代えて(モリブデン以外に)、あるいはモリブデンと金との間に、コバルト(Co)、銅(Cu)、銀(Ag)、イリジウム(Ir)、スカンジウム(Sc)、金(Au)、クロム(Cr)、ランタン(La)、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、タリウム(Tl)、イットリウム(Y)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、サマリウム(Sm)、ユーロピウム(Eu)、テルビウム(Tb)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、あるいはこれらの化合物を用いてもよい。また、上述の3層膜における金に代えて(金以外に)、ニッケル(Ni)、銀(Ag)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、錫(Sn)、鉛(Pb)、アンチモン(Sb)、亜鉛(Zn)、シリコン(Si)、ゲルマニウム

(Ge)、アルミニウム(Al)、あるいはこれらの化合物を用いてもよい。また、p電極3の構成材層の厚みについて、上述の値以外の値を用いてもよい。

【0096】また、n電極4は、Ti/Al/Mo/Auからなる多層膜を用いているが、この多層膜におけるチタン(Ti)に代えて(Ti以外に)、コバルト(Co)、銅(Cu)、銀(Ag)、イリジウム(Ir)、スカンジウム(Sc)、金(Au)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、ランタン(La)、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、タリウム(Tl)、イットリウム(Y)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、サマリウム(Sm)、ユーロピウム(Eu)、テルビウム(Tb)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、パラジウム(Pd)、およびこれらの化合物を用いてもよい。また、上述の多層膜におけるAlに代えて金(Au)、ニッケル(Ni)、銀(Ag)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、錫(Sn)、鉛(Pb)、アンチモン(Sb)、亜鉛(Zn)、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)、あるいはこれらの化合物を用いてもよい。また、上述の多層膜においてモリブデン(Mo)に代えて、あるいはモリブデンと金(Au)との間に、コバルト(Co)、銅(Cu)、銀(Ag)、イリジウム(Ir)、スカンジウム(Sc)、金(Au)、クロム(Cr)、ランタン(La)、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、タリウム(Tl)、イットリウム(Y)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、サマリウム(Sm)、ユーロピウム(Eu)、テルビウム(Tb)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、あるいはこれらの化合物を用いてもよい。また、上記多層膜における金に代えて、ニッケル(Ni)、銀(Ag)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、錫(Sn)、鉛(Pb)、アンチモン(Sb)、亜鉛(Zn)、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)、アルミニウム(Al)、あるいはこれらの化合物を用いてもよい。また、n電極4を構成する多層膜のそれぞれの膜厚も、上述の膜厚以外の任意の膜厚とすることができる。

【0097】また、すでに述べたように、サブマウント10の形状としては、図1に示した半導体レーザ装置におけるサブマウントのような形状に限らず、レーザチップをマウントする際に、このレーザチップが湾曲した状態(反った状態)を維持することができるような形状であればよい。そのため、以下に述べるようにサブマウント10の形状は任意に変更することができる。

【0098】図4は、本発明による半導体レーザ装置の

実施の形態1の第1の変形例を示す断面模式図である。図5は、図4に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。図4および5を参照して、半導体レーザ装置は、基本的には図1～3において示した半導体レーザ装置と同様の構造を備えるが、サブマウント10の形状が異なる。すなわち、サブマウント10において半導体レーザチップを積層する面には、突起部が形成されている。この突起部の断面形状は四角形状である。このようにしても、半導体レーザチップを共振器と垂直な方向(半導体レーザチップのリッジ部が延在する方向に対してほぼ垂直な方向)に曲げた状態で容易に保持することができる。この結果、図1～3に示した半導体レーザ装置と同様の効果を得ることができる。

【0099】図6は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1の第2の変形例を示す断面模式図である。図6は図1に対応する。図7は、図6に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。図6および7を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1の第2の変形例を説明する。

【0100】図6および7を参照して、半導体レーザ装置は基本的には図1～3に示した半導体レーザ装置と同様の構造を備えるが、サブマウント10の形状が異なる。サブマウント10においては、半導体レーザチップを搭載する面に、断面が三角形状の突起部が形成されている。このようにしても、図1～3に示した半導体レーザ装置と同様の効果を得ることができる。

【0101】(実施の形態2)図8は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態2を示す断面模式図である。図9は、図8に示した半導体レーザ装置において用いられる半導体レーザチップの断面模式図である。図8および9を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態2を説明する。

【0102】図8を参照して、半導体レーザ装置は、サファイア基板31と、このサファイア基板31上に形成された窒化物系半導体の積層体2と、この窒化物系半導体の積層体2において、サファイア基板31と対向する面とは反対側の面上に配置されたp電極3およびn電極4とを備える。このサファイア基板31、窒化物系半導体の積層体2、p電極3およびn電極4により半導体レーザチップが構成されている。半導体レーザチップは、本発明の実施の形態1における半導体レーザ装置の半導体レーザチップと同様に、サブマウント10の凸形状部46の表面に沿うように反った状態になっている。この半導体レーザチップの詳細については後述する。

【0103】図8からも分かるように、半導体レーザ装置は、本発明の実施の形態1による半導体レーザ装置において用いたサブマウントと同様の形状のサブマウント10を備える。このサブマウント10の表面には、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1と同様に金属

多層膜 15a、15b が形成されている。ただし、このサブマウント 10 において表面が曲面を有する凸形状部 46 上に位置する領域では、金属多層膜 15a、15b が存在せず、サブマウント 10 の凸形状部 46 表面が露出している領域が形成されている。このサブマウント 10 が露出した領域を境にして、金属多層膜 15a、15b は分離されている。

【0104】それぞれの金属多層膜 15a、15b の表面上にはハンダ 12a、12b が配置されている。このハンダ 12a、12b 上に、p 電極 3、n 電極 4 を下に向けて（p 電極 3、n 電極 4 をサブマウント 10 と対向する領域に配置して）、半導体レーザチップを配置する。そして、p 電極 3 および n 電極 4 のそれぞれとハンダ 12a、12b とが固着することにより、サブマウント 10 上に半導体レーザチップを固定・積層する。また、サブマウント 10 において、半導体レーザチップが積載された面とは反対側の面上には、上述のように金属多層膜 15 が形成され、この金属多層膜 15 とハンダ 13 を介してステム 20 が固定されている。

【0105】金属多層膜 15a は、ステム 20 の表面と導電体からなるワイヤ 14a により電氣的に接続されている。この結果、p 電極 3 とステム 20 の表面とは、ハンダ 12a、金属多層膜 15a およびワイヤ 14a を介して電氣的に接続される。

【0106】また、ステム 20 の表面上にはピン 11 が配置されている。ピン 11 と金属多層膜 15b とは導電体からなるワイヤ 14b により電氣的に接続されている。この結果、n 電極 4 とピン 11 とは、ハンダ 12b、金属多層膜 15b およびワイヤ 14b を介して電氣的に接続される。このような半導体レーザ装置によっても、本発明の実施の形態 1 による半導体レーザ装置と同様の効果を得ることができる。

【0107】なお、ピン 11 は、ステム 20 の表面上に設置されているが周囲とは絶縁された状態となっている。このため、ステム 20 とピン 11 とをそれぞれ別の外部接続端子に電氣的に接続することにより、p 電極 3 および n 電極 4 へと外部から別系統としての電流を供給することができる。

【0108】図 9 を参照して、半導体レーザチップは、サファイア基板 31 と、このサファイア基板 31 上に配置された窒化物系半導体の積層体 2 と、p 電極 3 と n 電極 4 とを備える。サファイア基板 31 の一方表面上には、サファイア基板 31 側から順番に GaN バッファ層 32、n-GaN コンタクト層 33、n-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 34、n-GaN ガイド層 35、GaInN 多重量子井戸活性層 36、p-AlGaIn 蒸発防止層 37、p-GaN ガイド層 38、p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 39 および p-GaN コンタクト層 40 が積層されている。

【0109】p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 3

9 には、共振器方向に延在するストライプ状のリッジ部が設けられている。このリッジ部上に p-GaN コンタクト層 40 が配置されている。p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 39 上には、リッジ部以外の領域を覆うように絶縁膜 5 が配置されている。この絶縁膜には開口部が形成され、この開口部から p-GaN コンタクト層 40 が露出した状態となっている。そして、この絶縁膜 5 および p-GaN コンタクト層 40 上に p 電極 3 が形成されている。

【0110】また、半導体レーザチップでは、p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 39 から n-GaN コンタクト層 33 にまで到達する溝 41 が形成されている。そして、この溝 41 の底部において、n-GaN コンタクト層 33 と接触するとともに、この溝 41 の外部の絶縁膜 5 上にまで延在するように n 電極 4 が形成されている。

【0111】このように、図 9 に示した半導体レーザチップは、いわゆるリッジストライプ型構造を有している。また、溝 41 を形成することにより、n 電極 4 が、p 電極 3 と同じ側に形成されるとともに n-GaN コンタクト層 33 と電氣的に接続された状態となっている。

【0112】なお、図 9 に示した半導体レーザチップを構成する材料としては、上述した材料以外のものを用いてもよい。たとえば、窒化物系化合物半導体を構成材として用いてもよい。具体的には、たとえば p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 39 に代えて、p-AlGaInN を含む層を形成してもよく、また GaInN 多重量子井戸活性層 36 に代えて GaInNAs あるいは GaInNP などを含む層を用いてもよい。また、p-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 39 として単層のクラッド層を用いてもよく、n-GaN コンタクト層 33 と n-AlGaIn 多重量子井戸クラッド層 34 との間に InGaIn クラック防止層を挿入配置してもよい。

【0113】また、図 8 および 9 に示した半導体レーザ装置においては、サファイア基板 31 を用いているが、基板の材料としてはサファイア以外の材料を用いてもよい。たとえば、基板の材料として AlGaInN、SiC、Si、ZnO などを用いることができる。この基板に用いる材料としては、導電体であるか絶縁体であるかを問わず、窒化物系化合物半導体層のエピタキシャル成長可能な基板であればよい。

【0114】次に、図 8 および 9 に示した半導体レーザ装置の製造方法を説明する。まず、サファイア基板 31 を準備する。このサファイア基板 31 の表面上に従来の半導体装置の製造工程において用いられるプロセスを適宜適用することにより、図 9 に示したような半導体レーザ構造が多数形成された（窒化物系半導体の積層体 2 となるべき層が形成された）半導体レーザウェハを得る。なお、この半導体レーザウェハを得る工程は周知技術であるため、その詳細な説明は行なわない。

【0115】次に、窒化物系半導体の積層体2となるべき層上に溝41を形成した後、p電極3を形成する。p電極3を構成する材料としては、p-GaNコンタクト層40に近い側からニッケル(Ni)/金(Au)からなる2層膜を用いる。Ni層の厚みは10nm、Au層の厚みは200nmとした。

【0116】また、p電極3が形成された面と同じ面上において、溝41の内部のから溝41外部にまで延在するようにn電極4を形成する。n電極としては、n-GaNコンタクト層33に近い側からHf/Al/Mo/Auという4層の膜からなる金属多層膜を用いる。ここで、Hf層の厚みは30nm、Al層の厚みは150nm、Mo層の厚みは30nm、Au層の厚みは150nmとする。

【0117】また、上述の窒化物系半導体の積層体2を構成する半導体層を形成するための結晶成長を行なう際、サファイア基板31の厚みは350μmとする。そして、窒化物系半導体の積層体2およびp電極3、n電極4の形成を行なった後、サファイア基板31において窒化物系半導体の積層体2が形成された面とは反対側に位置する面(裏面)を研磨もしくはエッチングにより部分的に除去する。この結果、半導体レーザウェハの厚みを40~120μm程度にまで薄くする。その後、半導体レーザウェハを劈開することにより共振器長を300μmとしたレーザ端面を形成する。そして、半導体レーザウェハを劈開することにより半導体レーザチップに分割した。

【0118】なお、共振器長は300μmに限られず、他の長さであってもよい。また、レーザ端面の形成方法としてはエッチングを用いてもよい。また、半導体レーザチップを形成する方法としてダイシングあるいはレーザアブレーション法など、劈開以外の手法を用いてもよい。

【0119】このようにして、図9に示すような半導体レーザチップを得ることができる。次に、ダイボンディング法を用いて半導体レーザチップを保持体であるサブマウント10上にマウントした。具体的には、以下のような工程を実施した。

【0120】まず、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1と同様の形状を有するサブマウント10を準備する。このサブマウント10には、表面が曲面を有する凸形状部46が形成されている。このサブマウント10の、凸形状部46が形成された側の面(表面)およびこの凸形状部46が位置する側と反対側の面(裏面)上にそれぞれ金属多層膜15a、15b、15を形成する。そして、金属多層膜15a、15b上にAuSnハンダからなるハンダ12a、12bをそれぞれ蒸着する。

【0121】ハンダ12a、12bの厚みは本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1におけるハンダ12

の厚みと同程度であればよい。また、ハンダ12a、12bを構成する材料として、AuSnハンダ以外の材料であって、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1において示したような材料を用いてもよい。

【0122】また、図8に示した半導体レーザ装置においては、サブマウント10を構成する材料としてSiCを用いる。なお、サブマウント10の材料としては、SiC以外の材料を用いてもよい。たとえば、サブマウント10の材料として、アルミナ、GaAs、コパール、GaN、AlN、BeO、BN、ダイヤモンドなどの材料を用いることができる。また、サブマウント10の材料として他の絶縁体を用いることもできる。また、サブマウント10の形状としては、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1において示したように、たとえば図5および7に示したような形状のサブマウントを用いてもよい。

【0123】また、サブマウント10を構成する材料として、Cu、Al、Fe、Ag、Mo、W、AlSiCuW合金などの導電性材料や、GaAs、Si、GaN、InPなどの半導体材料を用いてもよい。この場合、p電極3とn電極4との間に絶縁物を配置するといったように、p電極3とn電極4とがショートしないような構造をとればよい。この結果、上述のような絶縁体からなるサブマウント10と同様の効果を得ることができる。

【0124】次に、サブマウント10上に、上述の半導体レーザチップをp電極3およびn電極4が下を向くようにして(p電極3およびn電極4がサブマウント10と対向するように配置した状態で)、半導体レーザチップをサブマウント10上に配置する。このとき、p電極3とハンダ12aとが接触し、一方、n電極4とハンダ12bとが接触するように、半導体レーザチップを配置する。次に、サブマウント10を、ハンダ12a、12bの融点よりも若干高い温度にまで加熱する。

【0125】そして、押圧面8の形状が曲面を有する凹形状であるコレット7を半導体レーザチップへと矢印に示すように押圧する。このようにして、半導体レーザチップに適宜荷重を加えながら、半導体レーザチップとサブマウント10とをハンダ12a、12bによく馴染ませた。なお、コレット7の押圧面8の断面形状は、目的とする半導体レーザチップの最終形状の反りと同程度の曲率を有するように形成することが好ましい。また、図8に示した半導体レーザ装置においては、半導体レーザチップの最終形状の反りの状態は、サブマウント10の凸形状部46の表面形状と近似している(半導体レーザチップの主表面の曲面における曲率半径は、サブマウント10の凸形状部46の表面の曲率半径と同程度となっている)。そして、サブマウント10を冷却し、ハンダ12a、12bを固化させた。この結果、サブマウント10と半導体レーザチップとを固定・積層することがで



きる。

【0126】なお、このときコレット7の押圧面8の形状としては、図8に示したような曲面状の形状以外であってもよい。たとえば、図1に示したコレット6のようにそのコレット7の押圧面の断面形状が直線形状であってもよい（押圧面が平面によって構成された面であってもよい）。また、コレット7の先端部の幅の大きさが半導体レーザチップの幅の大きさよりも小さくなっていてもよい。この場合、コレット7によって半導体レーザチップを押圧する回数を複数回とすることにより、半導体レーザチップをサブマウント10へと確実に固定することができる。また、このとき、リッジ部が形成されていない裏面側からとはいえ、リッジ部に応力を加えることは半導体レーザチップの特性の劣化の原因となるので、押圧面の小さなコレットを用いることにより、このリッジ部に余分な応力が加わらないように、リッジ部を避けてコレット7により半導体レーザチップに応力を加えることもできる。

【0127】さらに、コレット7において、押圧面8にリッジ部を避けるような溝を設けてもよい。このようにしても、リッジ部にコレット7からの応力が加わることを防止することができる。

【0128】次に、ステム20上にシート状のPbSnハンダ13を配置する。そしてハンダ13上に、上述のサブマウント10と半導体レーザチップとの接合体を配置する。このとき、サブマウント10がステム20と対向するように、サブマウント10と半導体レーザチップとの接合体を配置する。この結果、サブマウント10の底面に形成された金属多層膜15とハンダ13とが接触した状態になる。その後、ステム20を、ハンダ13の融点よりも若干高い温度まで加熱する。この結果、ハンダ13が溶解する。この状態で、適宜応力を加えることにより、サブマウント10とステム20とをハンダ13によく馴染ませる。その後、ステム20を冷却することにより、ハンダ13を固化する。そして、ステム20の表面にピン11を配置した後、金属多層膜15aとステム20の表面とを電気的に接続するワイヤ14a、金属多層膜15bとピン11とを電気的に接続するワイヤ14bとをそれぞれ形成する。このようにして、図8に示す半導体レーザ装置を得ることができる。

【0129】なお、上述の半導体レーザチップとサブマウント10とを接合する工程においては、サブマウント10側にハンダ12a、12bを配置したが、半導体レーザチップ側にハンダ12a、12bを配置することによって接合工程を行なってもよい。また、ステム20とサブマウント10とを接合する工程においても、ステム20上ではなくサブマウント10の金属多層膜15上にハンダ13を配置することにより接合工程を行なってもよい。

【0130】また、ステム20は、基本的に本発明によ

る半導体レーザ装置の実施の形態1において用いたステム20と同様のものである。また、ハンダ13について、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1において説明したように、PbSnハンダ以外の材料からなるハンダを用いてもよい。このとき、ハンダ13を構成する材料としては、ハンダ12a、12bの融点よりも低い融点を有する材料を用いることが好ましい。このようにすれば、ステム20上へサブマウント10をマウントする際に、ハンダ12a、12bへ悪影響を及ぼすことを防止できる。

【0131】また、図8および9に示したp電極3については、上述の材料に限られず、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1において示したp電極3に用いることが可能な材料を用いることができる。

【0132】また、n電極4について、上述のようにHf/Al/Mo/Auという4層からなる多層膜を用いたが、Hf層およびAl層の代わりに、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1で示した材料を用いることが可能である。また、Mo/Au層についても、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1で示した材料を用いることができる。また、p電極3について、上述の材料以外に本発明の実施の形態1に示した材料を用いることができる。また、p電極3として本発明の実施の形態1に示したようなPd/Mo/Auの3層膜を用いる場合、Mo/Au層部分について実施の形態1で示した材料と同様の材料を用いることができる。

【0133】（実施の形態3）図10は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態3を示す断面模式図である。図11は、図10に示した半導体レーザ装置において用いるサブマウントを示す斜視模式図である。図10および11を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態3を説明する。なお、以下説明する実施の形態3および後述する実施の形態4～6では、半導体レーザチップの基板側とサブマウントの表面とを対向させた状態で、半導体レーザチップをサブマウント上にマウントする。このため、本発明の実施の形態1および2で説明したいずれのタイプの半導体レーザチップであってもサブマウント10上に同様にマウントすることができる。つまり、以下説明する実施の形態3～6においては、本発明の実施の形態1および2で説明した半導体レーザチップのいずれのタイプについても適用することが可能である。また、以下の実施の形態3～6で用いるハンダ12、13およびステム20は、基本的には本発明の実施の形態1および2で示したハンダ12、13およびステム20と同様である。

【0134】図10および11を参照して、半導体レーザ装置は、基板と窒化物系半導体の積層体とp電極およびn電極を含む半導体レーザチップ17と、サブマウント16とステム20とを備える。半導体レーザチップ17は、サブマウント16の溝43にハンダ12によって



接続されている。また、サブマウント16とステム20とは、本発明の実施の形態1および2と同様にハンダ（図示せず）により互いに接続されている。

【0135】マウント部材としてのサブマウント16は、図11に示すように立方体状であって、その表面に凹形状部分としての溝43が形成されている。溝43の断面形状は、図10からもわかるように滑らかな曲面を有する半円状である。図10および11に示したサブマウント16は銅により形成されている。

【0136】このように、溝43の内部に、半導体レーザチップ17を反った状態で配置しているのので、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1および2と同様の効果を得ることができる。また、半導体レーザチップ17の主表面の曲面の形状（反りの形状）は、溝43の形状に沿った状態になっている。したがって、溝43の形状を変更することで、半導体レーザチップ17の曲面形状（反りの程度）を任意に変更可能である。

【0137】次に、図10に示した半導体レーザ装置の製造方法について説明する。まず、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1または実施の形態2に示した方法と同様の方法を用いて、半導体レーザチップ17を準備する。次に、サブマウント16を準備する。サブマウント16の表面には溝43を形成しておく。サブマウント16の表面の溝43内部に、ハンダ12を配置する。

【0138】そして、半導体レーザチップ17の基板側がサブマウント16と対向する位置に配置されるように、半導体レーザチップ17をサブマウント16の溝43の内部に配置する。その後、サブマウント16をハンダ12の融点よりも若干高い温度にまで加熱する。たとえば、この加熱温度は350℃程度とする。この結果ハンダ12が熔融する。この状態で、曲面を含む押圧面を有するコレット9を矢印で示すように半導体レーザチップ17に押圧することにより、半導体レーザチップ17の基板とハンダ12とをよく馴染ませる。なお、このとき半導体レーザチップ17が図2に示したような構造である場合には、具体的には基板1の裏面側に形成されたn電極4とハンダ12とが接続される。また、半導体レーザチップ17が図9に示すような構造である場合には、サファイア基板31（図9参照）の裏面（Ga<sub>2</sub>N<sub>2</sub>バッファ層32が形成された面とは反対側に位置する面）に金属膜層（図示せず）を形成しておき、この金属膜層とハンダ12とが接合されることになる。

【0139】ここで、半導体レーザチップ17の基板の表面に形成され、ハンダ12と接合される金属膜層としては、たとえば基板側からTi/Al/Mo/Auという4層からなる金属多層膜を用いた。ここで、Ti層の厚みは30nm、Al層の厚みは150nm、Mo層の厚みは8nm、Au層の厚みは150nmとした。また、ハンダ12としてはAuSnハンダを用いた。この

場合、金属膜層の最表面層（最外周層）であるAu層は、ハンダ12中に溶解し、ハンダ材料と金属膜層のAu層との合金が形成されることになる。その後、サブマウント16を冷却することにより、ハンダ12が固化する。このようにして、サブマウント16と半導体レーザチップ17とをハンダ12により接合することができた。なお、ここではハンダ12をサブマウント16側に予め設置しておいたが、半導体レーザチップ17側に予めハンダ12を配置しておいてもよい。

【0140】ここで、コレット9の押圧面8は、溝43の表面の曲率とほぼ等しい曲率を有する凸形状の曲面となっている。このようなコレット9を用いて半導体レーザチップ17を押圧するので、半導体レーザチップ17はサブマウント16の溝43の表面に沿うように湾曲してマウントされる。

【0141】また、コレット9の押圧面8の形状として、目的とする半導体レーザチップ17の反りと同程度の曲率を有するような形状とすることが好ましい。なお、図10に示した半導体レーザ装置においては、半導体レーザチップの反りはサブマウント16の溝43の内周面の曲率と同程度の曲率を有している。このようなコレット9を用いることにより、図10に示すような半導体レーザ装置を確実に効率よく製造することができる。また、コレット9の押圧面の幅が半導体レーザチップ17の幅よりも小さいような場合、コレット9によって半導体レーザチップ17を複数回押さえることによって、同様の効果を得ることができる。

【0142】ここで、半導体レーザチップ17のリッジ部が形成されている面は、コレットと接触する面になっている。このため、コレット9によってこのリッジ部が形成された面をあまり強く押さえると、半導体レーザチップのリッジ部が損傷するおそれがある。このため、上述のようにコレット9の先端部を半導体レーザチップ17よりも小さくしておき、コレット9を複数回半導体レーザチップ17に押圧する場合に、このリッジ部を避けてコレット9を半導体レーザチップに押圧するようにすれば、リッジ部の損傷を防止することができる。また、コレット9の先端部を相対的に柔らかな樹脂などで形成してもよい。この場合も、リッジ部の損傷を防止することができる。

【0143】（実施の形態4）図12は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態4を示す断面模式図である。また、図13は、図12に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントを示す斜視模式図である。図12および13を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態4を説明する。

【0144】図12および13を参照して、半導体レーザ装置は基本的には本発明による半導体レーザ装置の実施の形態3と同様の構造を備えるが、サブマウント18の形態および材質と、ハンダ12の材質とが異なる。具

体的には、図 12 および 13 に示した半導体レーザ装置においては、サブマウント 18 を構成する材料としては SiC が用いられている。また、サブマウント 18 の形状は、図 13 からわかるように立方体状の基体の上部表面上に、ほぼ平行に延びるように間隔を隔てて配置された突起部 19 が形成されている。また、ハンダ 12 の材質として In が用いられている。また、サブマウント 18 とステム 20 とは、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 3 と同様にハンダで接着されている。

【0145】図 12 および 13 に示した半導体レーザ装置においては、サブマウント 18 においてその表面に突起部 19 が形成されているため、図 12 に示すように半導体レーザチップ 17 を湾曲させた状態で（サブマウント側に凸となるように）マウントすることができる。このため、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 3 により得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0146】また、図 12 に示した半導体レーザ装置の製造方法は、基本的に本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 3 の製造方法と同様である。ただし、図 12 に示すように、コレット 9 の先端部の大きさ（幅）が半導体レーザチップ 17 の大きさ（幅）よりも十分小さくなっているため、半導体レーザチップ 17 とサブマウント 18 とを接合する際には、このコレット 9 を矢印で示すように複数回半導体レーザチップ 17 に押圧する。このとき、半導体レーザチップ 17 のリッジ部を避けるように、コレット 9 により半導体レーザチップ 17 を押圧することができる。なお、図 12 に示したコレット 9 は、本発明の実施の形態 1～3 および後述する本発明の実施の形態 5 および 6 にしめした半導体レーザ装置の製造方法に適用可能である。

【0147】（実施の形態 5）図 14 は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 5 を示す断面模式図である。図 15 は、図 14 に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。図 14 および 15 を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 5 を説明する。

【0148】図 14 および 15 を参照して、半導体レーザ装置は基本的には図 10 および 11 に示した半導体レーザ装置と同様の構造を備える。ただし、図 14 および 15 に示した半導体レーザ装置においては、サブマウント 18 を構成する材料がアルミニウム (Al) である。また、サブマウント 18 の表面に形成された溝 44 の形状が異なる。

【0149】サブマウント 18 は、図 10 および 11 に示した半導体レーザ装置と同様にステム 20 とハンダ（図示せず）により接合されている。そして、サブマウント 18 において、ステム 20 と対向する面とは反対側の面に溝 44 が形成されている。溝 44 は、その上部にテーパ部を有する。溝 44 の断面形状はほぼ矩形状である。そして、この溝 44 にハンダ 12 を用いて半導体

レーザチップ 17 を湾曲させた状態で、ジャンクションアップでマウントする。この結果、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 3 と同様の効果を得ることができる。

【0150】また、この半導体レーザ装置の製造工程において用いるコレット 9 では、半導体レーザチップ 17 を押圧する押圧面 8 の大きさは半導体レーザチップ 17 よりも小さくなっている。また、この押圧面 8 には、凹部 42 が形成されている。この凹部 42 は、少なくとも半導体レーザチップ 17 のリッジ部の幅よりも大きな幅を有する。このようにすれば、半導体レーザチップ 17 のリッジ部上にこの凹部 42 が配置するような形でコレット 9 を半導体レーザチップ 17 に押圧することができる。このため、半導体レーザチップ 17 のリッジ部に不要な応力が加わることを防止できる。

【0151】なお、コレット 9 の形状としては、本発明の実施の形態 1～4 に示したコレットの形状を適用することも可能である。

【0152】このように、半導体レーザチップ 17 を湾曲した状態（基板側が凸となるように反った状態）でサブマウント 18 にマウントできるので、半導体レーザ装置の寿命を従来よりも大幅に向上させることができる。たとえば、半導体レーザ装置の寿命の不良率としては、半導体レーザチップの初期不良を除いて 10% 以下とすることができる。

【0153】なお、サブマウント 18 の形状としては、図 15 に示したような形状に限られず、他の形状を用いてもよい。たとえば、図 16 に示すように、溝 44 の断面形状が台形状であってもよい。ここで、図 16 は、図 14 および 15 に示した本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 5 の変形例に用いられるサブマウントを示す斜視模式図である。

【0154】（実施の形態 6）図 17 は、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 6 の部分斜視模式図である。図 17 では、サブマウント 18 上に半導体レーザチップ 17 が湾曲した状態でマウントされた状態を示している。図 18 は、図 17 に示した半導体レーザ装置に用いられるサブマウント 18 の斜視模式図である。図 17 および 18 を参照して、本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 6 を説明する。

【0155】図 17 および 18 を参照して、半導体レーザ装置は、基本的には本発明による半導体レーザ装置の実施の形態 3 と同様の構造を備える。すなわち、サブマウント 18 において半導体レーザチップ 17 がマウントされた面とは反対側の面がステム（図示せず）とハンダ（図示せず）により接合されている。ただし、図 17 および 18 に示した半導体レーザ装置は、サブマウント 18 の形状が異なる。すなわち、図 17 および 18 に示した半導体レーザ装置では、サブマウント 18 の上部表面は平面状であり、この上部表面上に突起部 45 が複数配

置されている。なお、図17および18からもわかるように、ここでは突起部45の数が4つである。

【0156】ただし、この突起部45の数および配置などは半導体レーザチップ17を図17に示すように湾曲させた状態でマウントすることが可能であれば、図17および18に示した形態に限定されるものではない。すなわち、突起部45の数は5つ以上あるいは3つ以下でもよく、この突起部45の配置も図18に示したように正方形のコナ部に対応するような位置ではなく、長方形のコナ部に対応するような位置あるいは平行四辺形、もしくは台形のコナ部に対応するような位置あるいは他の多角形のコナ部に対応するような位置に配置してもよい。

【0157】また、図17および18に示した半導体レーザ装置の製造方法は、基本的には本発明による半導体レーザ装置の実施の形態3の製造方法と同様である。

【0158】このようにすれば、図17および18に示した半導体レーザ装置においても、半導体レーザ装置の寿命の不良率を従来よりも低減することができ、本発明の実施の形態1～5と同様の効果を得ることができる。

【0159】なお、サブマウントの材料とサブマウントの形状等の組合せは、上述した本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1～6に示した組合せに限るものではない。すなわち、放熱材料として一般的に知られている材料をサブマウントの材料に適用することができる。たとえば、サブマウントの材料としてAg、Cu、CuW、BeO、Fe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si、AlN、SiC、cBN、CuMo、ダイヤモンドなどの材料を用いることができる。このような材料を適用しても、本発明の効果を得ることができる。

【0160】また、上述した本発明の実施の形態1～6においては、半導体レーザチップを構成するための基板としてGaN基板あるいはサファイア基板を用いた場合を示しているが、それぞれ他の基板材料を用いても同様の効果を得ることができる。たとえば、半導体レーザチップを構成する基板の材料としてSiCなどを用いてもよい。

【0161】また、半導体レーザチップとサブマウントとを接着するためのハンダ、あるいはサブマウントとステムとを接着するためのハンダは、上述の実施の形態1～6に示した材料に限るものではない。これらのハンダとしては、融点の比較的低いものの例として、In、InPb、InSn、InAg、InAgPbなどのInを含む合金（In系のハンダ）、あるいは、Sn、SnPb、SnSb、SnAg、SnSb、SnAgPb、SnAgCu、SnPbSbなどのSnを含む合金（Sn系のハンダ）、あるいは、Ag、金（Au）、Cuなどの粉末を混入したエポキシ樹脂やポリイミド樹脂などを用いることができる。また、融点が高いハンダの例としては、たとえば、AuSi、AuSn、AuGa、A

uGe、AuSb、AuNi、AuIn、AuAgSnなどのAuを含む合金（Au系のハンダ）を用いることができる。

【0162】特に、In、PbSnなど融点が高いハンダは、半導体レーザチップなどの素子へ与える熱的ダメージを少なくすることができる。一方、AuSn、SnAgCuなど融点が高いハンダを用いれば、半導体レーザチップとサブマウント、あるいはサブマウントとステムとを強固に接着することができる。また、ハンダの材料としてSnAgCuを用いた場合には、ハンダの濡れ性がよく、半導体レーザチップの接着にハンダ箔などシート状のハンダを用いる場合でも、半導体レーザチップにおけるショートの発生といった不良が起きることを防止できる。

【0163】また、上述の実施の形態1～6においては、半導体レーザチップをサブマウントに搭載する例を示したが、半導体レーザチップを直接保持体（ステム、フレーム、パッケージなど）に搭載する場合にも、同じ思想を適用することができる。すなわち、これらの保持体に直接半導体レーザチップを搭載する場合に、半導体レーザチップを反った状態のままこの保持体に固定すれば、上述の本発明の実施の形態1～6と同様の効果を得ることができる。この場合、半導体レーザチップと保持体との接着には、In、AuSn、PbSn、SnAgCuなど、実施の形態1～6で示したすべてのハンダの材料を用いることができる。また、保持体とハンダとの間には、接着性を向上させるための金属多層膜を配置してもよい。金属多層膜としては、Ni/Auの2層膜、Ti/Ni/Auの3層膜、Ti/Pt/Auの3層膜、Mo/Auの2層膜、Mo/Ni/Auの3層膜、Mo/Pt/Auの3層膜といったような構成の金属多層膜を用いることができる。

【0164】また、上述の実施の形態1～6に示した半導体レーザ装置の製造工程において用いたコレットは、それぞれ他の実施の形態における半導体レーザ装置の製造工程に適用可能である。

#### 【0165】

【実施例】（実施例1）本発明の実施の形態1における半導体レーザ装置の効果を確認するため、以下のような実験を行なった。すなわち、本発明の実施例1の試料として、図1および2に示したような半導体レーザ装置を準備した。なお、図1に示した半導体レーザチップの表面の曲率半径は0.4mmとした。また、以下の実施例において、本発明の実施例としての試料である半導体レーザ装置における半導体レーザチップの表面の曲率半径も、実施例1における本発明の実施例の半導体レーザチップにおける曲率半径と同様とした。

【0166】そして、比較例1の試料として、図1に示した半導体レーザ装置と基本的には同様の構造であるが、サブマウント10の上部表面が平坦なものを用い、

本発明の実施の形態1において説明した方法と同様の方法によりこのサブマウントの平坦な上部表面上に半導体レーザチップをジャンクションダウンでマウントした半導体レーザ装置を作製した。また、その表面が曲面状の凹部を上部表面に形成したサブマウントを用い、このサブマウントの凹部に半導体レーザチップを本発明の実施の形態1に示した方法と同様の方法によりジャンクションダウンでマウントした比較例2としての試料である半導体レーザ装置を作製した。比較例2の試料である半導体レーザ装置では、半導体レーザチップが、基板側が凹状となるように反った状態になっている。

【0167】なお、実施例1および比較例1、比較例2に用いた半導体レーザチップは同一のウェハから作製されたチップである。そして、マウント前の半導体レーザチップのしきい値電流は、いずれも40mAであった。

【0168】次に、実施例1および比較例1、2のそれぞれの試料について、室温でのしきい値電流を測定した。その結果、実施例1の試料である半導体レーザ装置はしきい値電流の値が30mAであり、比較例1の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は38mAであり、比較例2の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は35mAであった。

【0169】そして、上述の実施例1および比較例1、2の3つの試料について、雰囲気温度を20℃、出力を5mWとした条件でエージング試験を行なった。このエージング試験での判定条件としては、半導体レーザ装置の出力が5mWである場合の駆動電流の値が150mA以上になった時点の積算時間を半導体レーザ装置の寿命として判定を行なった。

【0170】エージング試験の結果を図19に示す。図19は、実施例1および比較例1、2の試料についての駆動電流の値とエージング試験を行なった時間（エージング時間）との関係を表わしたグラフを示す図である。図19の横軸は対数メモリを用いている。

【0171】図19からもわかるように、比較例2の半導体レーザ装置の寿命は約400時間であり、比較例1の半導体レーザ装置の寿命は2100時間であったのに対して、本発明の実施例1の半導体レーザ装置はエージング時間が10000時間を経過した時点でも出力を5mWとした場合の駆動電流が70mA以下となっていた。すなわち、本発明の実施例1による半導体レーザ装置の寿命は10000時間以上であることがわかる。

【0172】また、サブマウント10をステム20上にマウントした後における半導体レーザ装置での寿命の不良率は、半導体レーザチップの初期不良分を除いて、本発明の実施例1による半導体レーザ装置において10%以下、比較例1の半導体レーザ装置においては20%、比較例2の半導体レーザ装置においては40%となっていた。なお、半導体レーザ装置の寿命の不良率とは、すでに述べた不良品率と同様に定義され、具体的には、雰

囲気温度が20℃で、出力を5mWという条件でエージング試験を行なった場合に、半導体レーザ装置において出力を5mWとした場合の駆動電流が150mA以上になった時点の積算時間をその半導体レーザ装置の寿命と定義し、この寿命が500時間に満たないチップの割合である。この結果、本発明による半導体レーザ装置は、十分長寿命でありかつ寿命の不良率も従来より低く、高い信頼性を有することがわかった。

【0173】（実施例2）図8および9に示した本発明による半導体レーザ装置の実施の形態2の効果を確認するため、以下のような実験を行なった。まず、図8および9に示した本発明の実施例としての試料である半導体レーザ装置を準備する。

【0174】そして、比較例3の試料を以下のように準備する。まず、上部表面が平坦なSiC製のサブマウントを準備する。そして、このサブマウントの平坦な上部表面上に、AuSnハンダを蒸着した後、このAuSnハンダ上に半導体レーザチップを本発明の実施の形態2に示した方法と同様の方法によりマウントした。この結果、湾曲していた半導体レーザチップはサブマウントの平坦な上部表面に沿うようにほぼ平坦な状態となる。そして、その後、本発明の実施の形態2に示した方法と同様にサブマウントをステム20上にハンダ13を用いてマウントした。このようにして、比較例3の試料である半導体レーザ装置を作製した。

【0175】そして、もう1つの比較例である比較例4の試料を以下のように準備する。まず、実施例1の比較例2に用いたサブマウントと同様に、表面が曲面状の凹部が上部表面に形成されたSiC製のサブマウントを準備する。そして、このサブマウントの凹部にAuSnハンダを用いて半導体レーザチップをマウントした。このとき、コレットを用いて半導体レーザチップをサブマウントの凹部の表面に沿うように押圧するため、半導体レーザチップは当初の反った状態とは反対方向に反った形状となる。その後、上述の比較例3の試料と同様に、サブマウントをステム20にハンダ13を用いてマウントした。このようにして、本発明と対比するための実施例4の試料である半導体レーザ装置を作製した。

【0176】なお、上述の実施例および比較例3、4に用いた半導体レーザチップは同一のウェハから作製したチップである。そして、サブマウントにマウントする前の半導体レーザチップのしきい値電流は上述のすべての半導体レーザ装置に用いた半導体レーザチップにおいて50mAと同一であった。

【0177】次に、上述のように作製した半導体レーザ装置の試料それぞれについて、室温でのしきい値電流を測定した。この結果、実施例の試料である半導体レーザ装置におけるしきい値電流の値は38mAであった。また、比較例3の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は55mAであり、比較例4の試料である半導

体レーザ装置におけるしきい値電流の値は80mAであった。

【0178】上述のそれぞれの試料について、実施例1と同様に、雰囲気温度を20℃とし、出力を5mWとした条件でエージング試験を行なった。その結果、比較例4の試料である半導体レーザ装置の寿命は20時間であり、比較例3の試料である半導体レーザ装置の寿命は700時間であった。一方、本発明の実施例の試料である半導体レーザ装置は10000時間を経過しても、出力を5mWとした場合の駆動電流が80mA以下であった。すなわち、本発明の実施例の半導体レーザ装置の寿命は10000時間以上であることがわかる。

【0179】また、実施例1と同様に、半導体レーザ装置の寿命の不良率をそれぞれの試料について算定した。この結果、半導体レーザチップの初期不良分を除いて計算すると、本発明の実施例の試料である半導体レーザ装置では寿命の不良率が10%以下であった。一方、比較例3の半導体レーザ装置の寿命の不良率は約20%、比較例4の半導体レーザ装置の寿命の不良率は約40%であった。

【0180】（実施例3）図10および図11に示した本発明による半導体レーザチップの実施の形態3の効果を確認するため、以下のような実験を行なった。まず、本発明の実施例3として、図10に示すような半導体レーザ装置を準備した。そして、以下のように比較例5の試料を準備した。まず、上部表面が平坦な銅（Cu）製のサブマウントを準備した。この銅製のサブマウントの平坦な上部表面上に、AuSnハンダを蒸着した後、さらにその上に本発明の実施の形態3において説明した半導体レーザ装置の製造方法と同様に半導体レーザチップをジャンクションアップでマウントした。このとき、コレットによって半導体レーザチップはサブマウントの表面に沿うように押圧されるので、半導体レーザチップはほぼ平坦な形状となる。そして、このサブマウントをステム上にハンダを用いてマウントした。このようにして、比較例5の試料である半導体レーザ装置を作製した。

【0181】そして、もう1つの比較例6の試料を以下のように準備した。まず、表面が曲面となっている突起部（凸部）が上部表面に形成された銅製のサブマウントを準備した。そして、この銅製のサブマウントの突起部が形成された表面上に、実施例3と同様にAuSnハンダを蒸着した後、さらに半導体レーザチップをジャンクションアップでマウントした。このとき、半導体レーザチップは、コレットにより押圧されることにより、サブマウントの表面の凸部に沿ったように実施例の試料とは逆方向に反った状態となる。その後、このサブマウントをハンダによってステム上に固定する。このようにして、比較例6の試料としての半導体レーザ装置を準備した。

【0182】なお、上述の実施例3および比較例5、6に用いた半導体レーザチップは同一のウェハから作製されたチップである。そして、それぞれの半導体レーザチップについて、サブマウント上にマウントする前のしきい値電流の値は40mAであり、同一であった。

【0183】そして、上述のように半導体レーザ装置の試料を作製した後、室温においてしきい値電流を測定した。この結果、実施例3の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は30mAであった。一方、比較例5の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は38mA、比較例6の試料である半導体レーザ装置のしきい値電流の値は53mAであった。

【0184】そして、上述の実施例3および比較例5、6のそれぞれの試料について、実施例1と同様にエージング試験を行なった。エージング試験の条件としては、雰囲気温度を20℃、半導体レーザ装置の出力を5mWとした。エージングの判定条件としては、実施例1および2のエージング試験の判定条件と同様である。

【0185】この結果、比較例6の試料である半導体レーザ装置の寿命は約40時間、比較例5の試料である半導体レーザ装置の寿命は2100時間であった。一方、本発明の実施例3の試料である半導体レーザ装置は10000時間を経過しても、出力が5mWである場合の駆動電流が70mA以下であった。すなわち、本発明の実施例3の半導体レーザ装置の寿命は10000時間以上であることがわかる。

【0186】また、半導体レーザチップの初期不良分を除いて、実施例3の半導体レーザ装置の寿命の不良率は、実施例3の半導体レーザ装置では10%以下であった。一方、比較例5の半導体レーザ装置の寿命の不良率は20%、比較例6の半導体レーザ装置の寿命の不良率は40%であった。

【0187】（実施例4）図12および13に示した本発明による半導体レーザ装置の実施の形態4の効果を確認するため、以下のような実験を行なった。まず、図12に示すような実施例4の試料としての半導体レーザ装置を準備した。そして、比較例7の試料である半導体レーザ装置を以下のように準備した。まず、上部表面が平坦なSiC製のサブマウントを準備し、本発明の実施の形態4における半導体レーザ装置の製造方法と同様の方法によりそのサブマウントの平坦な表面上に半導体レーザチップをジャンクションアップでマウントした。このとき、半導体レーザチップは、コレットにより押圧されることによりサブマウントの表面に沿ったほぼ平坦な形状となる。そして、この半導体レーザチップがマウントされたサブマウントを、本発明の実施の形態4の半導体レーザチップの製造方法と同様の方法を用いてステム上にハンダを用いてマウントした。このようにして比較例7の試料としての半導体レーザ装置を得た。

【0188】また、比較例8の試料である半導体レーザ

装置を以下のように準備した。まず、SiC製のサブマウントであって、表面が曲面状になっている凸部が上部表面に形成されたサブマウントを準備する。そして、このサブマウントの凸部が形成された面上に、本発明の実施の形態4における半導体レーザ装置の製造方法と同様の方法を用いて半導体レーザチップをジャンクションアップでマウントした。なお、サブマウントの凸部が形成された面上には予めハンダが蒸着されている。この結果、実施例3で述べた比較例6と同様に、半導体レーザチップは実施例4の試料における半導体レーザチップとは反対側に反ったような形状となる。その後、このサブマウントを本発明の実施の形態4における半導体レーザ装置の製造方法と同様の方法によりハンダを用いてステム上にマウントした。このようにして、比較例8の試料である半導体レーザ装置を作製した。

【0189】上述の実施例4および比較例7、8の半導体レーザ装置に用いられた半導体レーザチップは同一のウェハから作製されたものである。そして、それぞれの半導体レーザチップについて、サブマウント上にマウントする前のしきい値電流は50mAであり、同一の値を示していた。

【0190】次に、上述の実施例4および比較例7、8の半導体レーザ装置のそれぞれについて、室温でのしきい値電流を測定した。実施例4の半導体レーザ装置のしきい値電流の値は38mA、比較例7の半導体レーザ装置のしきい値電流の値は55mA、比較例8の半導体レーザ装置のしきい値電流の値は80mAであった。

【0191】次に、上述の実施例4および比較例7、8のそれぞれの半導体レーザ装置について、実施例1と同様にエージング試験を行なった。エージング試験の条件としては、雰囲気温度を20℃、出力を5mWとした。そして、実施例1と同様の判定条件を用いて試験結果を評価した。この結果、比較例8の半導体レーザ装置の寿命は約20時間、比較例7の半導体レーザ装置の寿命は700時間であったのに対し、本発明の実施例4の半導体レーザ装置は10000時間を経過しても、出力が5mWでの駆動電流の値が80mA以下であった。このため、本発明の実施例4の半導体レーザ装置の寿命は10000時間以上であることがわかる。

【0192】また、上述の実施例4および比較例7、8の半導体レーザ装置の寿命の不良率は、半導体レーザチップの初期不良分を除いて、本発明の実施例4の半導体レーザ装置については10%以下である一方、比較例7の半導体レーザ装置の寿命の不良率は20%であり、比較例8の半導体レーザ装置の寿命の不良率は40%であった。

【0193】また、本発明の実施の形態5および6の半導体レーザ装置についても、同様にエージング試験を行なった。その結果、半導体レーザチップの初期不良分を除いて、それぞれ半導体レーザ装置の寿命の不良率は1

0%以下であった。

【0194】今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【0195】

【発明の効果】このように、本発明によれば、半導体レーザチップの主表面が曲面を有する状態で、半導体レーザ装置を構成するので、半導体レーザ装置を長寿命化できるとともに、信頼性を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1を示す断面模式図である。

【図2】 図1に示した半導体レーザ装置において用いられる半導体レーザチップの構造を説明するための断面模式図である。

【図3】 図1および2に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。

【図4】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1の第1の変形例を示す断面模式図である。

【図5】 図4に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。

【図6】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態1の第2の変形例を示す断面模式図である。

【図7】 図6に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。

【図8】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態2を示す断面模式図である。

【図9】 図8に示した半導体レーザ装置において用いられる半導体レーザチップの断面模式図である。

【図10】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態3を示す断面模式図である。

【図11】 図10に示した半導体レーザ装置において用いるサブマウントを示す斜視模式図である。

【図12】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態4を示す断面模式図である。

【図13】 図12に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントを示す斜視模式図である。

【図14】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態5を示す断面模式図である。

【図15】 図14に示した半導体レーザ装置において用いられるサブマウントの斜視模式図である。

【図16】 図14および15に示した本発明による半導体レーザ装置の実施の形態5の変形例に用いられるサブマウントを示す斜視模式図である。

【図17】 本発明による半導体レーザ装置の実施の形態6の部分斜視模式図である。

【図18】 図17に示した半導体レーザ装置に用いら



れるサブマウント18の斜視模式図である。

【図19】 実施例1および比較例1、2の試料についての駆動電流の値とエージング試験を行なった時間（エージング時間）との関係を表わしたグラフを示す図である。

【図20】 従来の半導体レーザ装置を示す断面模式図である。

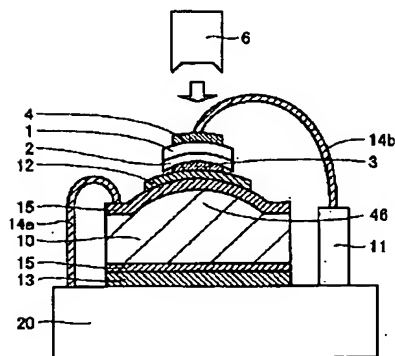
【図21】 従来の半導体レーザ装置を示す断面模式図である。

【符号の説明】

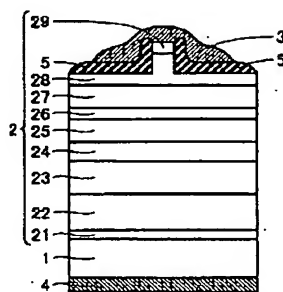
1 GaN基板、2 積層体、3 p電極、4 n電極、5 絶縁膜、6、7、9 コレット、8 押圧面、10、16、18 サブマウント、11 ピン、12、

13 ハンダ、14a、14b ワイヤ、15、15a、15b 金属多層膜、17 半導体レーザチップ、19、45 突起部、20 ステム、21、32 GaNバッファ層、22、33 n-GaNコンタクト層、23 n-AlGaInクラッド層、24、35 n-GaNガイド層、25、36 GaInN多重量子井戸活性層、26、37 p-AlGaIn蒸発防止層、27、38 p-GaNガイド層、28 p-AlGaInクラッド層、29、40 p-GaNコンタクト層、31 サファイア基板、34 n-AlGaIn多重量子井戸クラッド層、39 p-AlGaIn多重量子井戸クラッド層、42 凹部、41、43、44 溝、46 凸形状部。

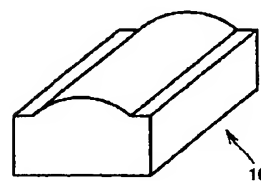
【図1】



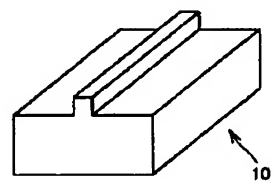
【図2】



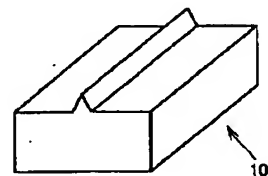
【図3】



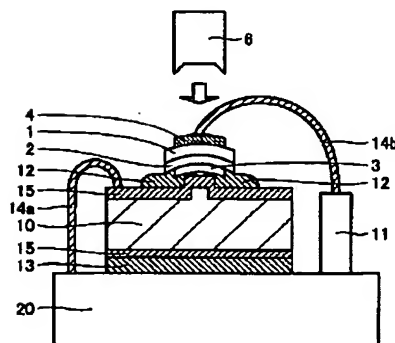
【図5】



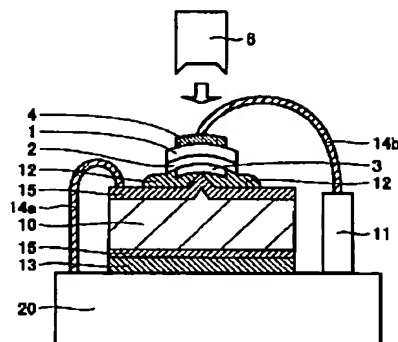
【図7】



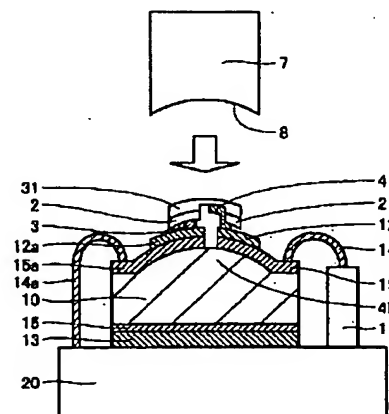
【図4】



【図6】

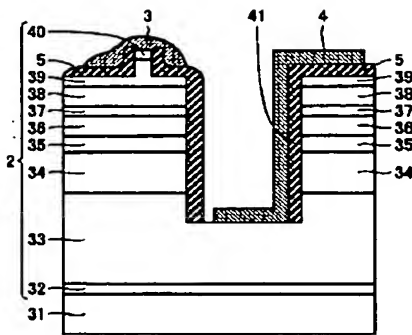


【図8】

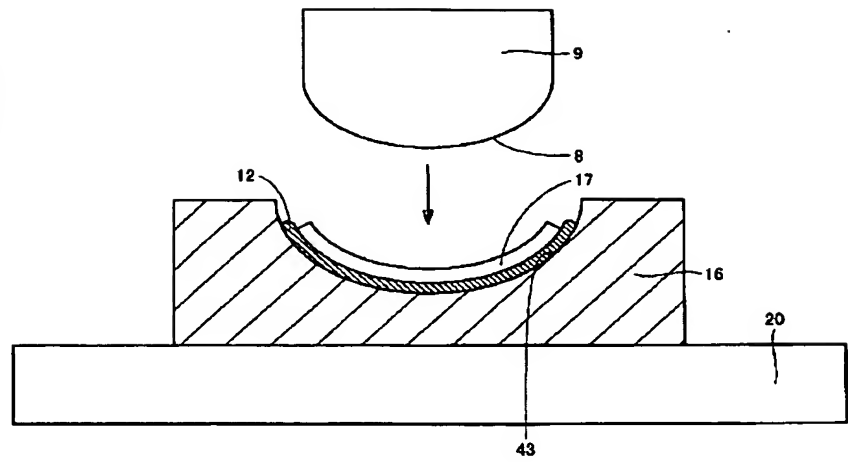




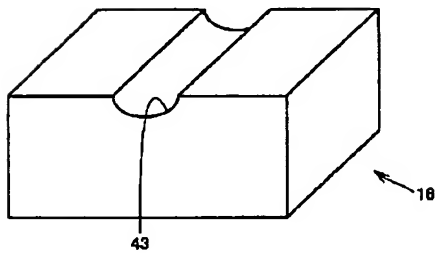
【図9】



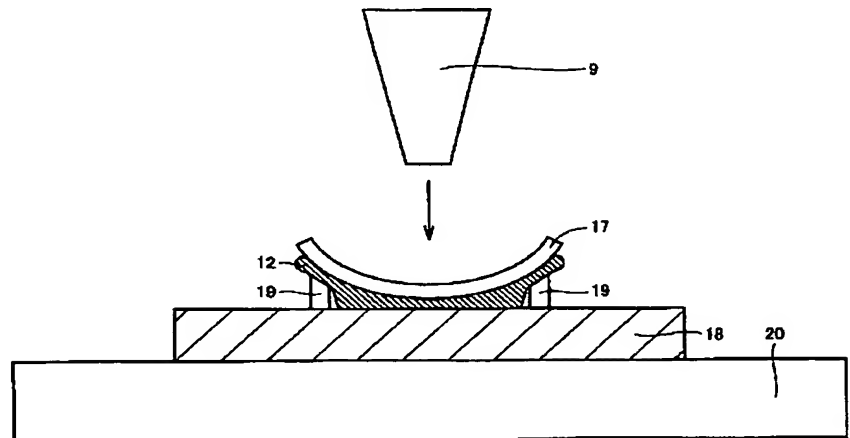
【図10】



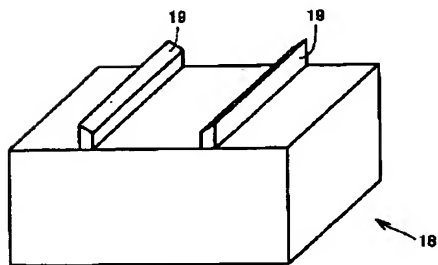
【図11】



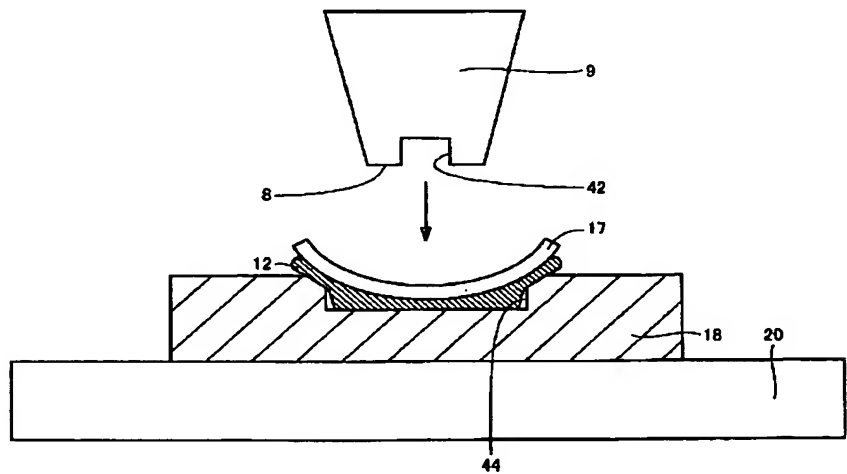
【図12】



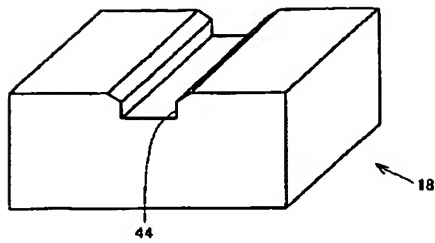
【図13】



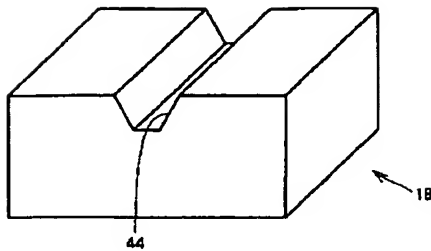
【図14】



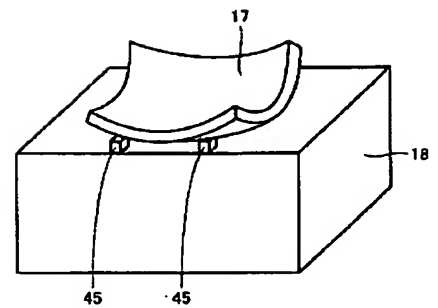
【図15】



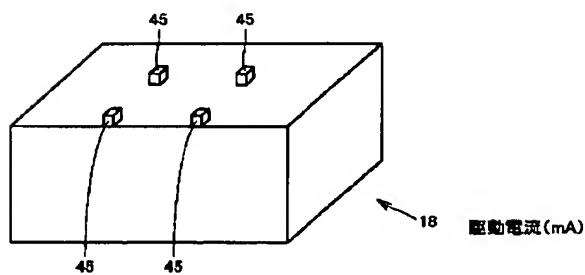
【図16】



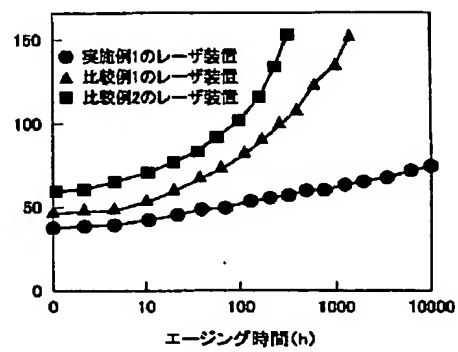
【図17】



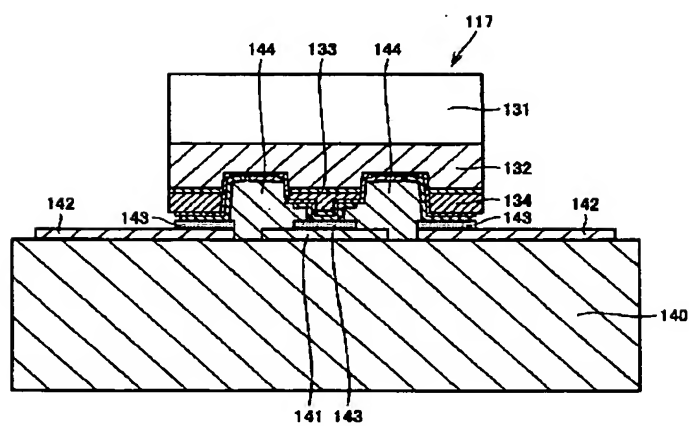
【図18】



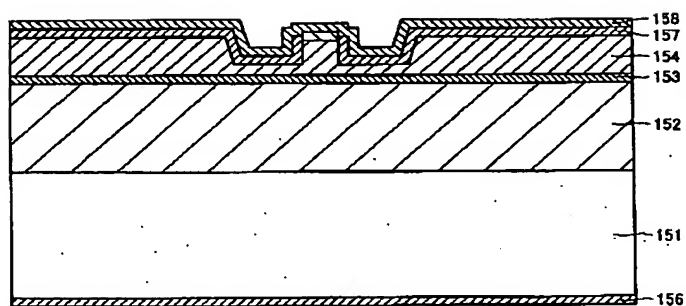
【図19】



【図20】



【図 2 1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 神川 剛  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

F ターム(参考) 5F041 AA43 CA05 CA14 CA40 CA82  
CA92 DA03 DA29  
5F073 AA13 AA45 AA51 AA77 CA07  
CB02 CB22 EA28 EA29 FA14  
FA22 FA27